

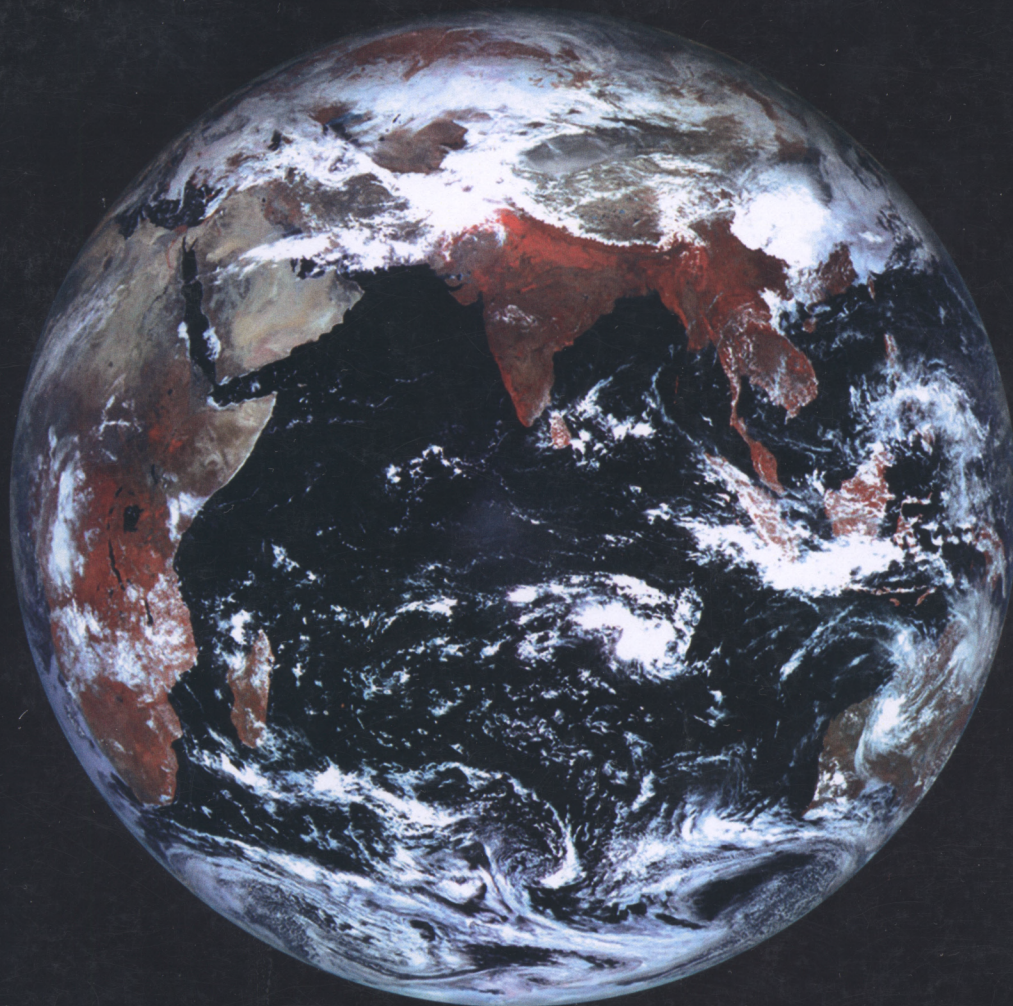
ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

СЕНТЯБРЬ-ОКТЯБРЬ

5/2011

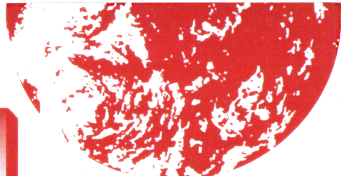




Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
"Наука"
Москва

Земля и Вселенная

5/2011



Новости науки и другая информация: Спутник измерит соленость Океана [11]; Солнце в апреле – мае 2011 г. [44]; Падение крупной кометы на Солнце [73]; Экзопланеты-сироты [77]; Долгожданное событие [83]; Малый парад планет 2011 г. [101]; Первые результаты работы "Электро-Л" [106]; Последний полет "Индегора" [107]; 27-я и 28-я основные экспедиции на МКС [109]

Новые книги: Сборник, посвященный наукам о Земле ("Жизнь Земли". Сборник научных трудов) [47]

В номере:

- 3 ЛУПЯН Е.А., БАРТАЛЁВ С.А. Спутниковые наблюдения Земли
- 12 ХРЕНОВ А.П. Исследование вулканов методами дистанционного спутникового зондирования
- 23 ТРОНИН А.А. Изучение землетрясений из космоса
- 33 КОСТЯНОЙ А.Г., ЛАВРОВА О.Ю., МИТЯГИНА М.И. Дистанционное зондирование океанов и морей

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 48 ГУРШТЕЙН А.А. Археоастрономическое досье: когда родился Зодиак?

ЛЮДИ НАУКИ

- 62 ЕРЕМЕЕВА А.И. Томас Райт (к 300-летию со дня рождения)

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 74 ТЕНЯКОВА О.М. Космос и космическое мышление в понимании студентов

ПЛАНЕТАРИИ

- 78 ФРОЛОВ В.И. Волгоградский планетарий

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 84 ПОПОВА Е.В. Как образовалась Солнечная система?

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 95 ЧУЛКОВ Д.А. Небесный календарь: ноябрь – декабрь 2011 г.

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- 102 Книги, вышедшие к 50-летию полета Ю.А. Гагарина

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per., 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Science; popular, current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Edition V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan

На стр. 1 обложки: Земля из космоса. На снимке можно рассмотреть Индийский океан, юг Африки, Аравийский полуостров, Юго-Восточную Азию и часть Австралии. Мониторинг планеты выполняется в различных диапазонах спектра с помощью аппаратуры МСУ-ГС, установленной на российском геостационарном метеоспутнике "Электро-Л". Снимок получен 17 мая 2011 г. с расстояния 36 тыс. км. Научный центр оперативного мониторинга Земли, Россия (к стр. 106).

На стр. 2 обложки: Столкновение двух галактик системы Agr 273 (UGC 1810), находящаяся на расстоянии более 300 млн св. лет от нас. Их очертания исказились из-за гравитационных приливных сил, между ними "всего" чуть больше 100 тыс. св. лет. Снимок получен 21 апреля 2011 г. КТХ. Фото NASA.

На стр. 3 обложки: вверху – американский космический корабль "Индевор" (STS-134) на стартовом комплексе космодрома Канавэрал 16 мая 2011 г.; внизу – стыковка КК "Индевор" с МКС 18 мая 2011 г. (видны открытый грузовой отсек корабля с оборудованием и манипулятором). Снимок сделан экипажем 27-й основной экспедиции. Фото NASA (к стр. 107).

На стр. 4 обложки: вверху – шаровое звездное скопление M13 в созвездии Геркулеса; внизу – галактика M82 "Сигара" (NGC 3034) в созвездии Большой Медведицы. Снимки получены 13 и 16 марта 2011 г. астрономом-любителем О.А. Милантьевым (Москва) с помощью телескопа "Synta Sky-Watcher SKP25012", (D = 254 мм, F = 1200 мм) и ПЗС-камеры QHY8L. Общее время экспозиции – 70 и 290 мин соответственно.

In this issue:

- 3 LUPYAN E.A., BARTALEV S.A. Satellite Observations of the Earth
- 12 HRENOV A.P. Studies of Volcanoes by the Methods of Satellite Remote Sensing
- 23 TRONIN A.A. Studying the Earthquakes from Space
- 33 KOSTYANOV A.G., LAVROVA O.YU., MITYAGINA M.I. Remote Sensing of Oceans and Seas

HISTORY OF SCIENCE

- 48 GURSHTAIN A.A. Archaeoastronomical Dossier: When Zodiac was born?

PEOPLE OF SCIENCE

- 62 EREMEYEVA A.I. Thomas Wright (to the 300th Anniversary of Birth)

ASTRONOMICAL EDUCATION

- 74 TENYAKOVA O.I. Space and the Cosmic Thinking in Students' Understanding

PLANETARIA

- 78 FROLOV V.I. Volgograd Planetarium

HYPOTHESES, DISCUSSION, SUGGESTIONS

- 84 POPOVA E.V. How the Solar System was formed?

AMATEUR ASTRONOMY

- 95 CHULKOV D.A. Celestial Calendar: November–December 2011

BOOKS ABOUT THE EARTH AND THE SKY

- 102 Books Published to the 50th Anniversary of Yu.A. Gagarin's Flight

Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН
Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ
Зам. главного редактора доктор педагогических наук Е.П. ЛЕВИТАН
доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,
академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,
доктор филос. наук В.В. КАЗЮТИНСКИЙ,
доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО,
член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор техн. наук Г.А. ПОЛТАВЕЦ,
доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙСНЕР,
доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,
академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК,
доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

**ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА**

Ниже публикуется подборка 4-х статей, подготовленных на основе материалов конференции в ИКИ РАН (Земля и Вселенная, 2011, № 3).

Спутниковые наблюдения Земли

Е.А. ЛУПЯН,
доктор технических наук
С.А. БАРТАЛЁВ,
доктор технических наук
Институт космических исследований РАН

Авторы рассказывают об особенностях систем дистанционного наблюдения Земли и дают оценку их преимуществ при решении различных задач спутникового мониторинга природных и антропогенных объектов. В статье формулируются основные требования, предъявляемые сегодня к методам и технологиям работы с данными, полученными с помощью дистанционного зондирования и приводятся примеры систем спутникового



мониторинга, созданных и развиваемых в нашей стране в последние годы. Рассмотрены наиболее актуальные и перспективные направления развития методов, технологий и систем дистанционного наблюдения Земли.

Системы спутникового наблюдения Земли стали создаваться почти 50 лет назад. За это время от простейших систем, передающих изображения Земли достаточно низкого качества и пространственного разрешения, пройден большой путь. Сейчас созданы высокотехнологические космические системы наблюдений, принимающие информацию в различных диапазонах длин волн (от микрометров до метров) электромагнитного излучения, с различным пространственным разрешением (от десятков сантиметров до километров) и достаточно высокой частотой повторяемости съемки. Особо следует отметить технологический скачок в системах наблюдения, который произошел в последние 15–20 лет. За эти годы появились системы, обладающие достаточно высокой стабильностью, хорошо калиброванные (получаемые с их помощью измерения позволяют достаточно точно оценивать физические характеристики наблюдаемых объектов) и обеспечивающие возможность точной (до элемента разрешения) географической привязки данных. Отметим, что в настоящее время на орбите работает **около 100 спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)**, а в ближайшее десятилетие их чис-

ло, видимо, возрастет в несколько раз.

Сегодня спутниковые системы мониторинга используются для решения различных научных и прикладных задач, связанных с исследованием и контролем природных и антропогенных явлений, процессов и объектов. Во многих отраслях, таких как метеорология, океанология, гляциология, картография, сельское и лесное хозяйство, охрана окружающей среды, спутниковые данные уже сегодня становятся незаменимыми. Так, например, в последние годы в задачах, связанных с контролем и прогнозом погоды, спутниковые данные, по различным оценкам, составляют около 90% объема используемой информации. С появлением высококачественных систем дистанционного наблюдения, обеспечивающих достаточно устойчивое и быстрое получение глобальной информации по всей территории Земли, мы получили возможность перейти к принципиально новому качеству использования спутниковых систем дистанционного наблюдения. Появилась возможность не только применять поступающую со спутников информацию для картографирования местности (хотя сегодня это одна из наиболее широких областей ее применения), но и осуществлять на ее основе количественный

анализ различных динамических явлений. Специалисты могут строить соответствующие модели и, в конечном итоге, эффективно использовать получаемую дистанционную информацию для прогноза развития отдельных, происходящих на планете процессов и ее эволюции в целом.

В то же время для эффективного использования имеющихся сегодня инструментов необходимо разрабатывать новые методы и технологии обработки спутниковой информации. К настоящему времени уже оценены преимущества ДЗЗ, обеспечивающие решение прикладных задач, сформулированы основные требования, предъявляемые к методам и технологиям работы с данными дистанционного зондирования. Благодаря активному развитию систем ДЗЗ, методов и технологий обработки получаемых спутниковых данных в нашей стране в последние годы создан целый ряд систем мониторинга окружающей среды.

Перечислим основные преимущества дистанционных систем наблюдения, которые во многом и определяют сегодня круг задач, для которых эти системы можно использовать наиболее эффективно.

Возможность наблюдения больших территорий. Действующие сегодня системы позволяют

получать глобальную информацию для всей территории планеты. Конечно, это не значит, что мы в любой момент можем получить данные по любой территории, поскольку даже при наличии значительного числа систем ДЗЗ это пока невозможно. Кроме того, во многих диапазонах спектра (например, в видимом), в которых происходят наблюдения, облачность представляет собой серьезный мешающий фактор. Поэтому, когда для решения задачи требуется подобная информация о поверхности Земли, мы можем получить ее только в те моменты, когда данный участок свободен от облачности. В то же время действующие спутниковые системы позволяют достаточно регулярно “осматривать” произвольный район Земли. Поэтому, естественно, рано или поздно для любого заданного района будет получена нужная информация.

Очень существенно, что спутниковые методы обеспечивают **возможность достаточно регулярно получать глобальную информацию**. Конечно, периодичность получения информации зависит от ее вида и в первую очередь от величины пространственного разрешения. Отвлекаясь от отдельных деталей, периодичность существующих сегодня спутниковых систем различного пространственного раз-

решения можно оценить следующим образом:

- низкое пространственное разрешение (порядка 1 км) в среднем колеблется от десятков минут (геостационарные метеоспутники) до нескольких часов;

- среднее пространственное разрешение (порядка 100 м) составляет примерно сутки;

- высокое пространственное разрешение (порядка 10 м) составляет несколько суток или недель;

- сверхвысокое разрешение (порядка 1 м) составляет недели или месяцы.

Следует иметь в виду уже упоминавшийся мешающий фактор облачности, поэтому для разных территорий частота получения безоблачных данных будет гораздо ниже. Так, например, чтобы раз в неделю с вероятностью более 90% гарантированно получить безоблачное покрытие данными южных регионов России, необходимо осуществлять ежедневные съемки данных территорий. В то же время может быть специально организовано наблюдение отдельных районов с помощью сразу нескольких спутниковых систем. В этом случае даже для систем высокого разрешения может быть достигнута высокая периодичность наблюдения. Следует, однако, учитывать, что, повышая таким образом частоту на-

блюдения выбранной территории, мы сегодня одновременно понижаем частоту наблюдения каких-то других территорий. Однако в ближайшее десятилетие планируется создать новые системы ДЗЗ, которые обеспечат гораздо более высокую частоту наблюдения. Обсуждается создание систем, которые обеспечат данными о любом участке Земли не реже чем раз в сутки со сверхвысоким разрешением. Появление таких систем в ближайшие 5–10 лет представляется технически реализуемым. Поэтому, несмотря на все ограничения, даже сегодня спутниковые системы ДЗЗ имеют неоспоримые преимущества по частоте наблюдения и охвату территории по сравнению с любыми наземными или авиационными системами.

Кроме этого, пожалуй, одним из основных преимуществ действующих спутниковых систем является то, что они **позволяют получать однородные (сопоставимые) данные** по всем территориям наблюдений. Это обеспечивается двумя факторами. Во-первых, наблюдения осуществляются полностью автоматически и, следовательно, свободны от какого либо субъективного влияния. Во-вторых, современные системы ДЗЗ стабильны и их характеристики фактически не меняются в зависимости

от региона наблюдения. Кроме того, достаточно много внимания при создании современных спутниковых систем уделяется их калибровке, необходимой для того, чтобы измерения могли быть преобразованы в различные физические характеристики (альбедо, энергетические потоки, радиояркостные температуры и т.д.). Следует особо отметить, что одним из основных достижений в последние годы в развитии технологий дистанционных наблюдений (включая методы и системы обработки данных) является то, что большинство средств наблюдения стали обеспечивать возможность получать (измерять) именно физические характеристики.

Немаловажным преимуществом современных спутниковых систем наблюдения является также то, что они обеспечивают достаточно **точную автоматическую географическую привязку** получаемой информации. Возможность массовой привязки информации с точностью до элемента разрешения (а иногда и лучше) позволяет обеспечить решение многих задач, связанных с исследованием динамики различных процессов и явлений. В настоящее время разработаны автоматические технологии географической привязки спутниковых изображений, что позволяет ис-

ключить их искажения, связанные с человеческим фактором, и обеспечивает возможность получения временных рядов данных наблюдений больших территорий. Фактически это открывает путь к созданию полностью автоматизированных систем объективного мониторинга.

Чтобы использовать преимущества современных систем ДЗЗ, нужны специальные методы и технологии работы с ними. Можно выделить следующие основные требования к таким методам и технологиям, выполнение которых необходимо для того, чтобы они могли обеспечить создание современных систем сбора, обработки и распространения спутниковых данных.

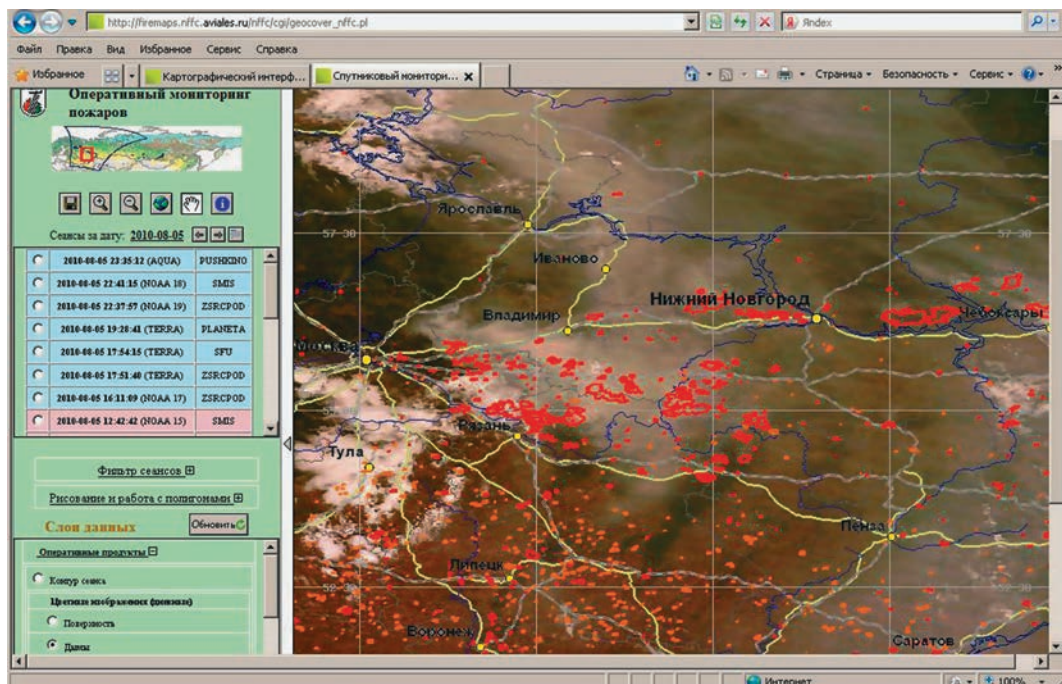
Высокий уровень автоматизации работы с данными. Это необходимо, в первую очередь, для того, чтобы минимизировать влияние субъективного фактора на результаты обработки и анализа данных и тем самым сохранить одно из основных преимуществ методов дистанционного зондирования – объективность. При быстром увеличении числа систем наблюдения и повышении их информативности происходит взрывной рост получаемой информации. Не имея полностью автоматизированных систем обработки данных, мы уже не можем обеспечить эффек-

тивного использования этой информации.

Создаваемые методы и технологии должны обеспечивать **обработку, организацию хранения и предоставления очень больших объемов информации**. Сегодня характерные объемы получаемой и обрабатываемой информации составляют десятки или даже сотни гигабайт в сутки, а в ближайшие годы будут составлять уже десятки и сотни терабайт. Соответственно характерные объемы архивов данных, сегодня приближающиеся к петабайтам, в ближайшие 5–10 лет уже превысят объемы сотен петабайт. Все это требует создания и использования достаточно эффективных и дорогостоящих систем работы с данными.

Поскольку одно из преимуществ систем дистанционных наблюдений – возможность получения информации по любому региону Земли, естественно, ее используют многие специалисты по всему миру. Поэтому современные системы должны обеспечивать **возможность распределенной работы с данными**.

Одно из преимуществ современных систем ДЗЗ заключается в том, что мы можем не только анализировать одномоментные съемки, но и осуществлять совместную обработку данных, полученных в различное вре-



Интерфейс для работы с данными ИСДМ-Рослесхоз. На рисунке отражена лесопожарная обстановка в Московском регионе в начале августа 2010 г.

мя. Поэтому должна быть обеспечена возможность работы с **долговременными архивами информации, полученной различными спутниковыми системами**. Как показывает опыт, в силу высокой стоимости создания и поддержания в актуальном состоянии долговременных архивов данных проведение таких работ в настоящее время под силу только крупным центрам. Все острее стоит вопрос организации эффективной

одновременной работы пользователей с информационными ресурсами, предоставляемыми различными центрами сбора, обработки, архивации и распространения спутниковых данных.

Отметим, что сегодня схемы организации работы с данными, когда пользователи не вкладывают средства в создание собственных центров приема спутниковой информации, а ориентируются на получение различных информационных продуктов из крупных центров, становятся все более предпочтительными и экономически выгодными. Сегодня при быстром развитии и удешевлении систем связи подобные схемы могут обеспечить эффективную работу не

только с архивной, но и с оперативной информацией. Происходит быстрое развитие технологий, которые позволяют получать и **использовать информацию, предоставляемую различными системами и центрами**, обеспечивающими работу со спутниковыми данными.

Технологии работы со спутниковой информацией, которые удовлетворяют перечисленным выше требованиям, достаточно активно развивались в последние годы за рубежом и в нашей стране. Большое внимание развитию таких технологий уделяется, в частности, в ИКИ РАН. В Институте созданы методы и алгоритмы автоматической обработки

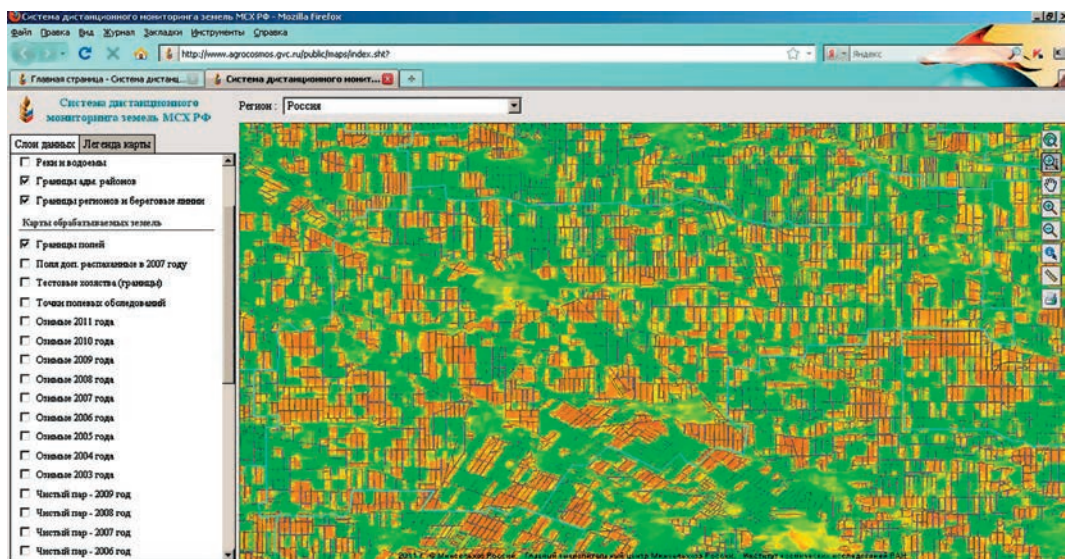
данных, технологии автоматизированного ведения архивов спутниковых данных и результатов их обработки, системы оперативного доступа к результатам дистанционного мониторинга широкого круга территориально распределенных пользователей, а также подходы к организации, управлению и контролю работоспособности распределенных элементов различных систем мониторинга. Такие разработки неоднократно использовались при создании и внедрении различных систем дистанционного мониторинга.

Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) позволяет оперативно получать информацию обо всей территории России и пограничных регионов. Эта система, в частности, обеспечивает оперативное детектирование пожаров, определение пройденных огнем площадей и оценку вызванных пожарами повреждений. Информация, предоставляемая системой, сегодня используется для организации мониторинга и тушения природных пожаров. Так, например, на значительной части территории страны (зона космического мониторинга первого уровня) организация тушения пожаров осуществляется только

после их обнаружения ИСДМ-Рослесхоз и оценки возможных угроз объектам инфраструктуры. Система также позволяет проводить совместный анализ наземной и спутниковой информации, в том числе и для оценки эффективности принимаемых мер по тушению пожаров. Особо следует отметить, что поскольку огромные территории в нашей стране заняты лесами, полную оценку площадей, ежегодно проходимых лесными пожарами, сегодня возможно получить, только используя спутниковую информацию. ИСДМ-Рослесхоз – одна из самых крупных подобных систем в мире. В нее входит семь центров приема и автоматической обработки информации. В архивы системы в пожароопасный сезон ежедневно поступает около 30 гигабайт различной информации (<http://www.nffc.aviales.ru/rus/main.sht>). Система позволяет оперативно анализировать информацию о пожарах, действовавших на территории нашей страны в последние годы.

Система дистанционного мониторинга земель агропромышленного комплекса (СДМЗ АПК) создавалась в интересах Министерства сельского хозяйства России. Система позволяет получать информацию о территории всех сельскохозяйственных земель страны. Основные задачи

системы: оценка состояния сельскохозяйственных земель (в том числе контроль их использования), оперативная оценка состояния сельскохозяйственных культур, оценка урожайности и урожая, оценка потерь, связанных с различными неблагоприятными природными условиями. В СДМЗ АПК реализованы технологии автоматизированного сбора, обработки и распространения спутниковых данных различного пространственного разрешения. В интересах системы созданы специализированные технологии построения однородных информационных продуктов по всей территории России, в том числе технология картографирования используемых площадей и методы оценки состояния сельскохозяйственной растительности. В системе накоплена информация о состоянии растительности, полученная на основе данных дистанционных наблюдений за последние десять лет (<http://193.232.9.72/terrante/index.sht>). Это, в частности, позволяет анализировать динамику развития сельского хозяйства в различных регионах. В СДМЗ АПК создана также система оперативного представления данных мониторинга сельскохозяйственных земель и посевов широкому кругу пользователей.

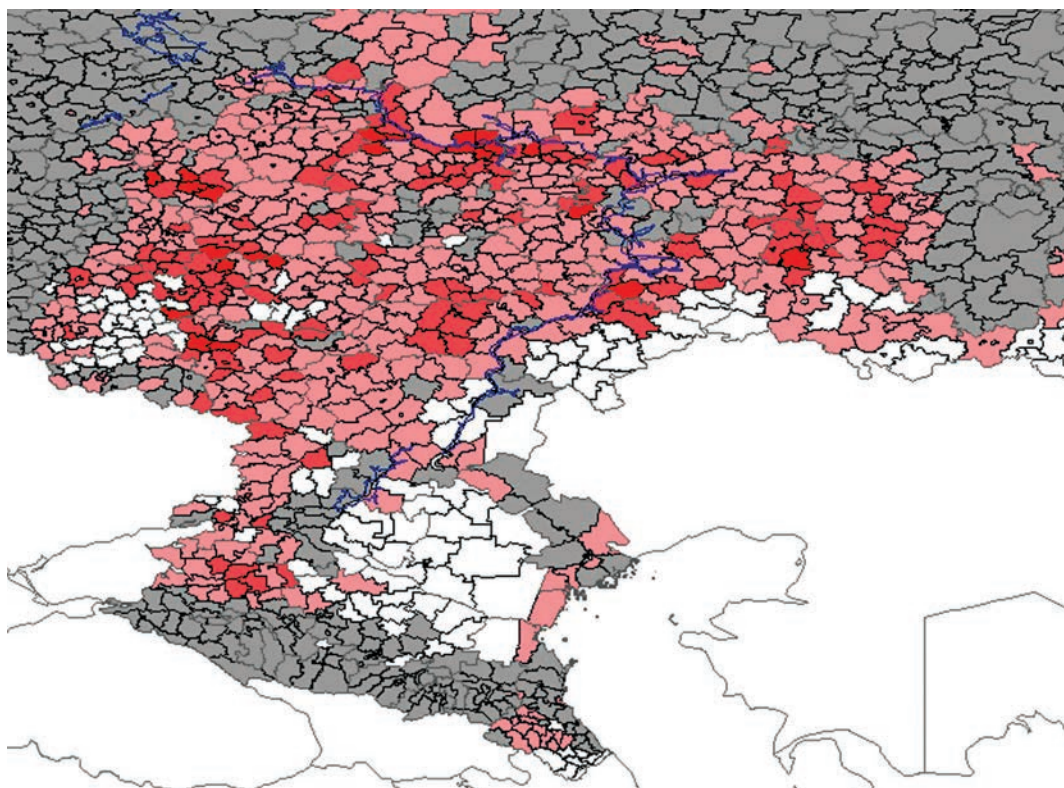


Интерфейс для работы с данными СДМЗ АПК. На рисунке представлены примеры вегетационных индексов для полей в одном из районов Краснодарского края 18 июля 2010 г.

Современные системы спутникового наблюдения и технологии работы с ними открыли новые возможности для изучения явлений и процессов, происходящих на нашей планете. При этом исследователи получают не просто «картинки», пригодные для качественного описания различных объектов, а данные о различных физических параметрах наблюдаемых объектов (температура, отражательная способность, биомасса и т.д.). В силу того, что такие измерения ведутся практически посто-

янно, ученые получили возможность оперативно использовать получаемые данные и работать с долговременными архивами наблюдений. Современные технологии работы со спутниковыми данными во многих случаях обеспечивают хорошие возможности поиска и выборки необходимой информации. В последние годы активно развиваются также системы ДЗЗ, которые не только позволяют найти и получить исходную спутниковую информацию по заданным районам наблюдений, но и обеспечить работу с информацией, прошедшей достаточно глубокую обработку. Развиваются также специализированные системы, направленные на получение с использованием спутниковых данных различной информации, необ-

ходимой для проведения научных исследований. Так, например, в ИКИ РАН и Центре по проблемам продуктивности и экологии лесов РАН в рамках различных научных программ и проектов активно развиваются технологии дистанционного мониторинга бореальных экосистем. Такие технологии позволяют на основе дистанционных методов исследовать поведение растительности на больших территориях, строить карты растительного покрова, оценивать его динамику в связи с климатическими изменениями, изучать процессы реакции растительности на различные погодные аномалии. Подобные исследования еще два десятилетия назад можно было проводить только на отдельных тестовых полигонах, организовывая для этого специаль-



ные экспедиции и выборочные наблюдения.

В заключение остановимся на основных направлениях развития систем, технологий и методов работы с данными дистанционных наблюдений, которые в ближайшие годы будут особенно актуальны. К ним, на наш взгляд, в первую очередь относятся следующие направления:

- создание новых систем наблюдений, которые должны расширить спектральные диапазоны, повысить частоту наблюдений и точность их географической привязки, улучшить качество калибровки данных (это откроет новые возможности

сти работы с временными сериями наблюдений для исследования различных явлений, а также организации изучения и контроля динамики различных процессов, происходящих на нашей планете);

- развитие технологий автоматизированной работы с большими объемами информации для усвоения, хранения, обработки и анализа информации, поступающей от современных и перспективных средств ДЗЗ;

- развитие методов и алгоритмов автоматизированной обработки данных для восстановления различных физических характеристик на основе данных дистанционных

Карта регионов, где наблюдались изменения в лесных экосистемах, вызванные аномальной жарой летом 2010 г. на европейской территории страны. Показаны районы, в которых с 1 по 8 августа 2010 г. величина вегетационного индекса на покрытых лесом территориях опустилась ниже среднеемноголетнего значения на 10% (розовый цвет) и на 30% (красный цвет). Районы, в которых изменения не наблюдались, отмечены серым цветом, белым – районы, для которых за указанный период нет данных.

наблюдений и для выделения и классификации различных объектов и процессов;

– создание новых численных моделей различных явлений и процессов, которые будут в основном ориентированы на работу с информацией, полученной при дистанционных наблюдениях;

– создание новых технологий работы с данными дистанционных наблюдений и результатами их обработки, которые должны облегчить поиск сведений о различных процессах

в долговременных распределенных архивах, а также предоставить исследователям не просто возможность выбора необходимых данных, но и проведение их анализа (то есть фактически развитие активных архивов данных, обеспечивающих организацию одновременно с выбором данных для их динамической обработки).

Все это уже в ближайшие годы должно

существенно расширить возможности изучения различных процессов, происходящих на нашей планете, и обеспечить получение объективной информации для планирования, управления и контроля за деятельностью, осуществляемой человеком в различных сферах, в том числе и для охраны окружающей среды и оптимизации использования природных ресурсов.

Информация

Спутник измерит соленость Океана

10 июня 2011 г. с космодрома Ванденберг с помощью РН “Дельта” запущен аргентинский научный ИСЗ “Аквариус” (“Aquarius”, “SAC-D”) для дистанционного зондирования Земли. Это совместный проект Аргентинского национального космического агентства и NASA. На спутнике массой 1600 кг установлено шесть приборов, которые будут измерять соленость поверхностных вод Мирового океана. Такой интерес к солености Океана не случаен. Ведь именно от нее зависит скорость морских течений, которые влияют на климат всей планеты.

Сейчас соленость Океана измеряется вполне традици-

онными методами: ученые собирают пробы воды на прямую с исследовательских судов или используют для этого автоматические буи. Такая система, например, существует и прекрасно работает в Северном Ледовитом океане. Но эти данные локальны, их очень мало для того, чтобы оценить все изменения. Что сможет сделать “Аквариус”? На борту спутника установлен радиометр MIRAS для получения радиотепловых изображений с помощью радиолокационного метода, который измеряет соленость. Второй прибор – рефлектометр – радар, с помощью которого измеряется волнение Океана. Точность измерений “Аквариуса” можно сравнить с определением 0,1 г соли в литре воды.

По словам научного руководителя миссии и директора Института земных и космических исследований (Сиэтл, США) Гэри Лагерлефа, ученых больше всего беспокоит возрастание

температуры и солености в Северной Атлантике, особенно в морях Ирмингера и Лабрадор. Этот район считается кухней европейского климата. Из-за этих факторов усилились глубинные возвратные течения, что сместило привычную траекторию циклонов, устремившихся в Европу, которые обрушились на нее мощными ливнями. Также интересны Индийский океан и Бенгальский залив, где до сих пор проводилось очень мало исследований. И, конечно, это Северный Ледовитый океан, где на протяжении последних десятилетий происходит быстрое таяние льдов.

Работа ИСЗ “Аквариус” рассчитана на три года. За это время климатологам и океанологам нужно научиться использовать полученные данные для того, чтобы строить модели прогноза климата.

Пресс-релиз NASA,
11 июня 2011г.

Исследование вулканов методами дистанционного спутникового зондирования

А.П. ХРЕНОВ,
доктор геолого-минералогических наук
Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, Москва

Единственной возможностью максимального снижения риска и минимизации последствий воздействия катастрофических вулканических извержений на природную среду и цивилизацию являются прогноз и своевременное оповещение о готовящихся событиях. Этим целям служит система космического мониторинга катастрофических явлений, которая предназначена для решения основных задач: обнаружение и выявление предвестников извержений; контроль происходящих событий; разработка сценариев динамики извержений с целью оценки их масштаба и



влияния на природную среду. Созданы цифровые модели (3D) рельефа активных вулканов Камчатки и Курильских островов. Основными измерительными средствами для решения за-

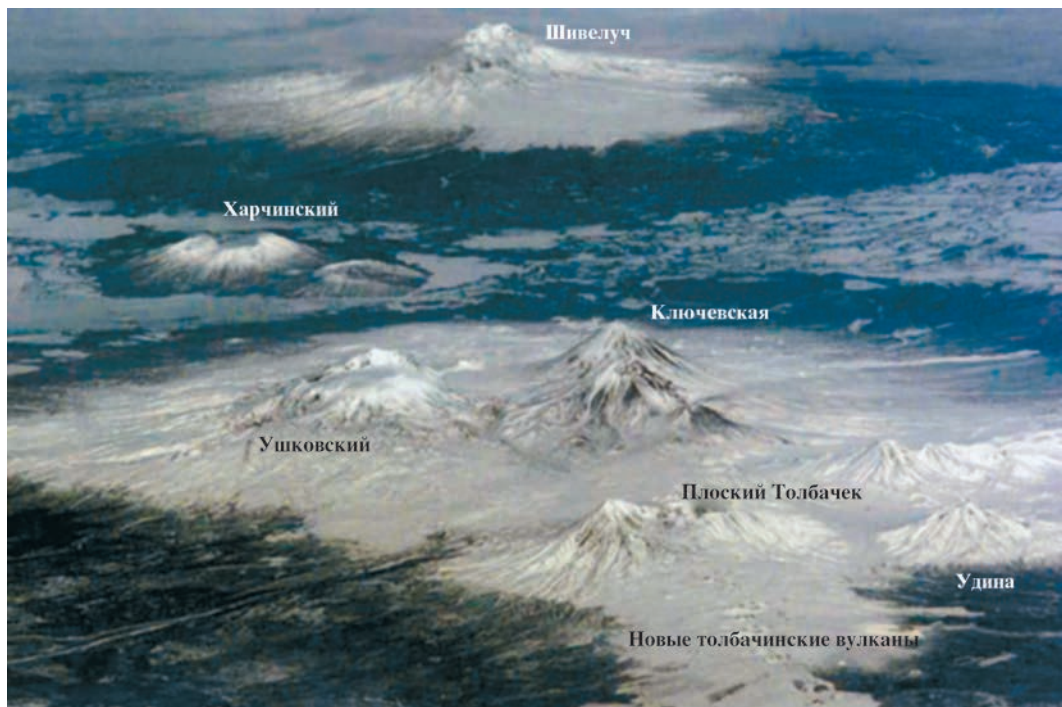
дач исследования природных ресурсов Земли, и, в частности, успешно применяемыми для мониторинга вулканов являются: многоспектральный сканирующий радиометр (MODIS), усовершенствованный спутниковый радиометр высокого разрешения теплового излучения и отражения (ASTER). Компьютерная обработка радарных интерферометрических измерений (SRTM) и возможность построения новых трехмерных “цифровых слоев” позволяет достаточно оперативно оценивать границы и объемы изверженного материала во время извержения в реальном времени.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ

К природным катастрофам относятся землетрясения, цунами, тайфуны, смерчи, лесные пожары,

наводнения, извержения вулканов. Вулканология – молодая наука, главным образом, находящаяся в стадии сбора фактов и их осмысления.

Первым вулканологом по праву можно считать Плиния Младшего, сделавшего первое описание извержения вулкана Везувий в 79 г.н.э., став-



шее теперь уже хрестоматийным. Вулканизм можно рассматривать как проявление единого космического, геологического, биогенного и антропогенного процессов. Для мониторинга различных природных катастроф в XXI в. исключительное значение приобретает эффективное использование спутников земли (ИСЗ). Применение таких дистанционных методов исследований имеет исключительные преимущества перед традиционными геологическими исследованиями. В первую очередь это возможность непрерывных наблюдений трудно доступных районов, а в случае применения СВЧ-аппаратуры – в любое время года и суток и в независимости от погодных условий. Такие изме-

рения позволяют практически одновременно по всей планете проводить наблюдения за разномасштабными геологическими явлениями на поверхности Земли, оценивать динамику и масштаб скоротечных геологических процессов. Еще свежи в памяти последствия катастрофического землетрясения на Гаити в январе 2010 г., унесшего тысячи жизней и разрушившего поселения (Земля и Вселенная, 2010, № 2). К катастрофическим процессам относятся, например, извержения вулканов Тамборо в 1918 г., Сент-Хеленс в 1980 г., Пинатубо в 1991 г., Ключевской в 1994 г. Такие извержения будут происходить снова, и комплексный подход к методам и результатам космического мониторин-

Северная группа вулканов на Камчатке. Перспективный снимок с борта Международной космической станции.

га наряду с наземными исследованиями даст нам возможность лучше понять их механизм и влияния на окружающую среду.

Использование методов дистанционного зондирования Земли из космоса (ДЗЗ) в областях современного вулканизма позволило также на качественно новом уровне проводить вулканологические исследования. Эффективность методов ДЗЗ наиболее наглядно продемонстрирована при проведении съемок таких динамичных, труднодоступных и опасных природных объектов, какими



Формирование и рост экстративного купола вулкана Шивелуч. Фото В.А. Подтабачного.

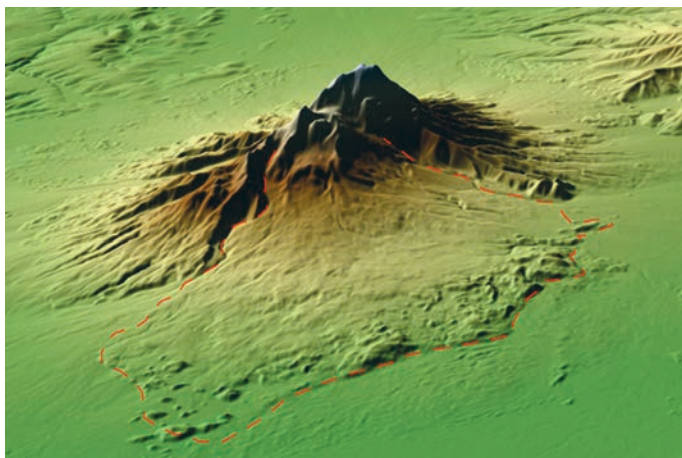
являются вулканы во время извержения. Методы ДЗЗ позволяют подойти к проблеме поиска новых критериев – предвестников катастрофических извержений. Единственная возможность максимального снижения риска и минимизации последствий катастрофических извержений на природную среду и цивилизацию – это прогноз и своевременное оперативное оповещение о готовящихся вулканических извержениях, создание сценариев развития событий.

Этим целям служит система космического (спутникового) мониторинга активных вулканов, которая предназначена для решения основных задач: обнаружение и выявление предвестников катастрофических извержений, своевременное оперативное оповещение о предстоящих событиях, контроль динамики извержений с целью оценки масштаба их последствий на окружающую среду.

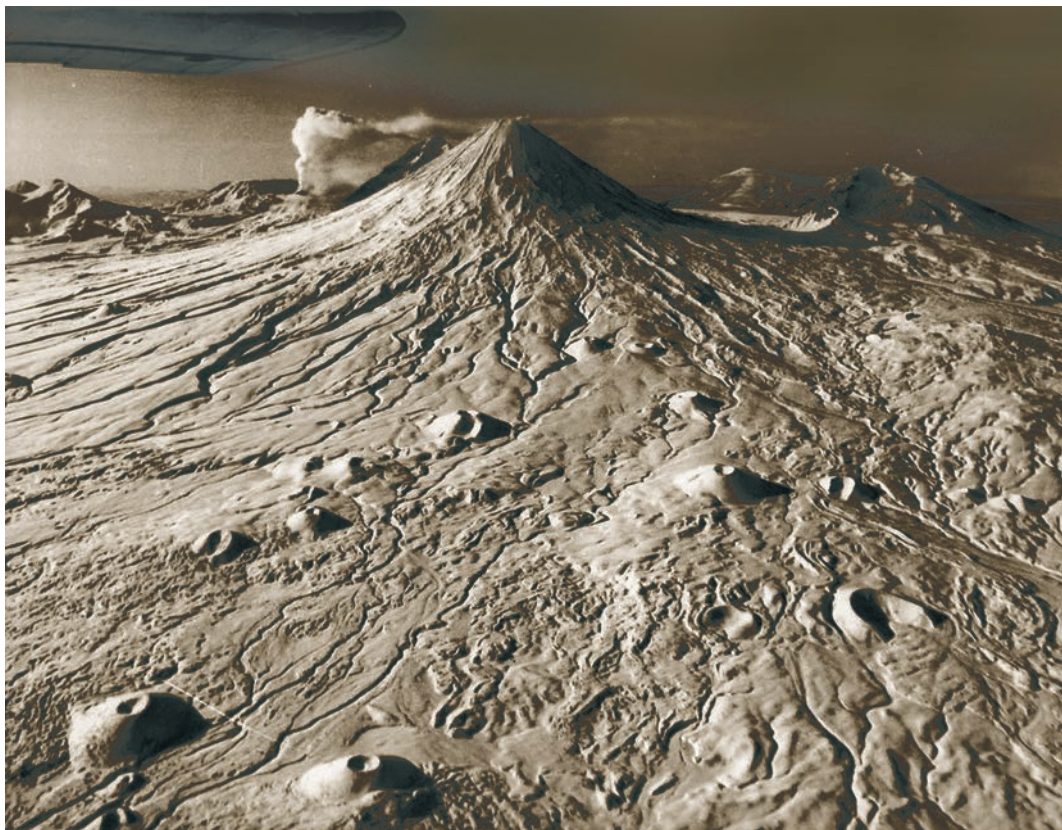
Чтобы получить более всестороннюю объективную информацию

об объектах наблюдений, необходимо провести комплексные исследования – наземные, самолетные и спутниковые.

Методы компьютерной обработки позволяют оперативно создавать трехмерные цифровые модели (3D) рельефа вулканов и наносить на них с высокой точностью дополнительные геологические и вулканологические данные. Кроме того, они позволяют прогнозировать возникновение новых эруптивных центров на склонах стратовулканов или в зонах ареального вулканизма, моделировать распространение селевых и лавовых потоков, а также создавать новые “цифровые слои” для количественной оценки объемов изверженного материала в реальном времени, отображать на них петрохимические и возрастные данные. В 1993 г. на Камчатке впервые были проведены совместные российско-американские аэрокосмические исследования с использованием одновременно самолетов-лабораторий JPL/NASA (США) и Минис-



Цифровая модель рельефа (3D) вулкана Шивелуч с границей пирокластического потока катастрофического извержения в ноябре 1964 г.



Главный вулкан Камчатки – Ключевской. На его склонах расположены многочисленные шлаковые конусы (моногогенные вулканы). Фото В.А. Подтабачного.

терства обороны РФ. Эти исследования стали возможны благодаря соглашению между Российской академией наук и NASA, в рамках договора Гор – Черномырдин. К тому времени в Лаборатории реактивного движения NASA (JPL) был создан тепловой инфракрасный многозональный сканер (TIMS), в том числе и для решения задач вулканологии.

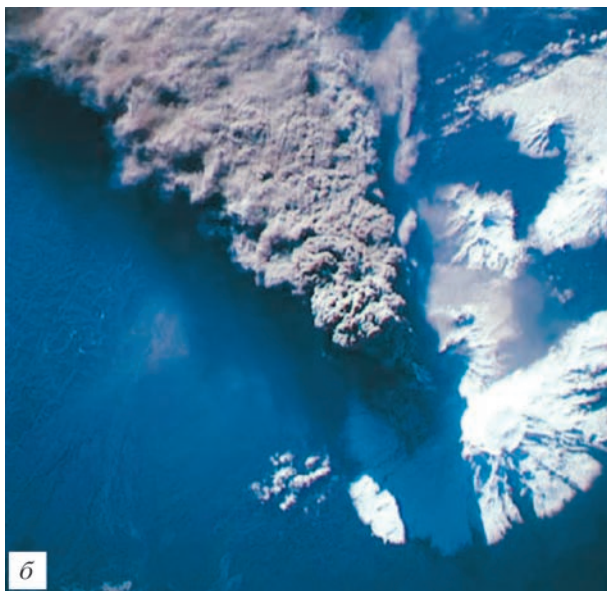
Для получения конечного результата ис-

пользовались программные продукты: Images/Image Processing Kit, TNTmips (MicrolImages/Images Inc.), EASI/PACE, FLYI (Radarsoft), ENVI (Research Systems), PHOTOMOD (“Пакурс”), 3dem (Visualization Software LLC), HDFLook, ScanMagic (RDC ScanEx), Global Mapper v5.04 (Global Mapper Software LLC), ArcGis (Environmental Systems Research Institute). С помощью программы ERDAS IMAGINE 7.0 (компании Earth Resources Data Analysis System) выполнялся аэрокосмический анализ данных. Информация была получена с помощью приборов ДЗЗ – РЛС БО, АФА, “Зима”,

“Осень”, TIMS и ZEISS, установленных на самолетах-лабораториях Ан-30 (МО РФ), Ту-154 (ЦПК им. Ю. Гагарина), Лиерджет-23 (NASA). С помощью ИСЗ “Алмаз-1”, “Ресурс-Ф”, “SPOT-4/5”, “Landsat-5-7”, “Terra” (ASTER, MODIS), пилотируемых орбитальных станций “Мир”, МКС и космических кораблей “Спейс Шаттл” (SRTM) были получены и обработаны интересные данные по действующим вулканам Курило-Камчатского пояса.

МОНИТОРИНГ АКТИВНЫХ
ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ
И КУРИЛ

Современные методы ДЗЗ, такие как интерфе-



рометрические измерения (SAR), радарные измерения (РЛС) и съемка многоканальными радиометрами (ASTER, MODIS) позволяют вести эффективный мониторинг состояния морфологии кратеров и экструзивных куполов действующих вулканов. В 1980-е гг. для прогноза извержения вулканов Ключевской, Безымянного и Шивелуча наиболее успешным оказался метод фотограмметрической обработки аэрофотоснимков.

Впервые в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН были созданы цифровые модели рельефа для вулканов Курило-Камчатской островной дуги. Особое внимание было уделено вулканам Ключевской группы, как наиболее изученной, активной и продуктивной в этом регионе.

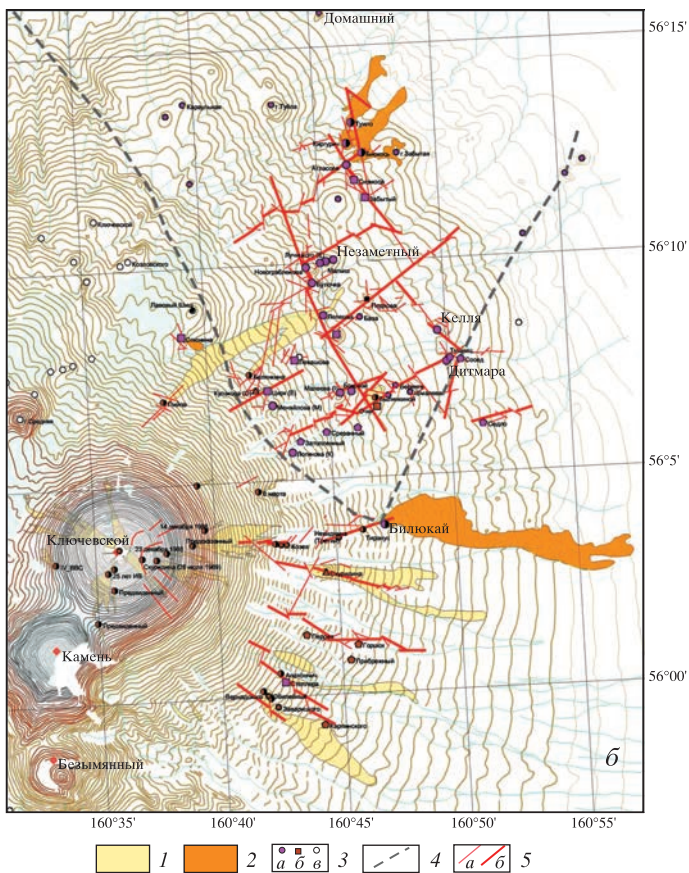
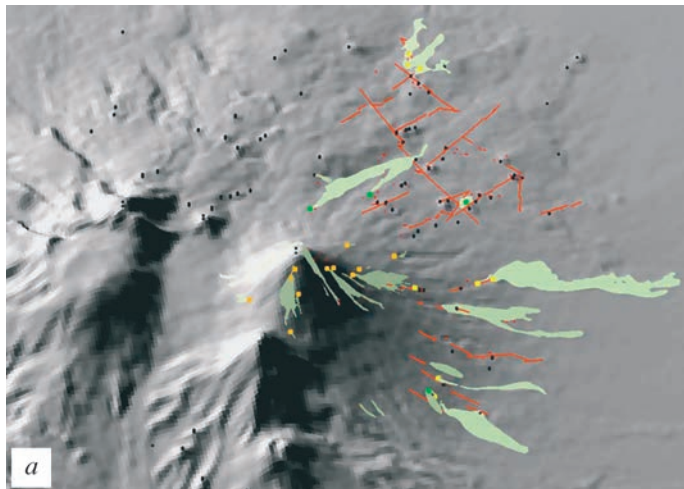
Анализ эволюции развития вулканов и динамики их извержений позволяет предложить для наиболее активных из них оптимальный сценарий возможных будущих извержений и оценить масштаб последствий.

Вулкан Шивелуч – самый северный из действующих вулканов Камчатки, сложный по строению вулканический массив. По характеру активности и типу извержений в настоящее время Шивелуч больше всего близок к вулкану Безымянному, катастрофическое извержение которого произошло 30 марта 1956 г. После катастрофического извержения Шивелуча в 1964 г. был разрушен купол Суелич и, в результате взрыва на поверхность было выброшено более 3 км³ вулканических пород. С 1980 г. по настоящее время растёт и формируется новый экструзивный купол, и

Катастрофическое извержение из вершинного кратера вулкана Ключевской 1 октября 1994 г.: а) пароксизмальный взрыв. Фото Н.П. Смелова; б) космический снимок пеплового шлейфа. Снимок получен с борта КК "Индевор" (STS-68) в то же время. Фото NASA.

вулкан Шивелуч вступил в новую фазу – стадию эксплозивно-экструзивных извержений, которая характеризуется интенсивным ростом и разрушением новых блоков на куполе. Эти процессы сопровождаются формированием раскаленных лавин и пирокластических потоков. Часто вслед за ними образуются лахары (грязевая лава) и селевые потоки. Периодически на куполе происходят пароксизмальные взрывы с выбросом пепла на высоту до 8–10 км. На цифровой трехмерной модели рельефа хорошо видна

Модель Ключевской группы вулканов: а) цифровая (3D) морфологическая, б) цифровая карта. Условные обозначения: 1) исторические лавовые потоки глиноземистых базальтов вулкана Ключевской; 2) исторические лавовые потоки магнезиальных базальтов вулкана Ключевской; 3) эруптивные центры (а – глиноземистые базальты, б – магнезиальные базальты, в – эруптивные центры ареальной зоны вулкана Крестовский); 4) граница ареальной зоны на вулкане Ключевской; 5) магмаподводящие разломы (а – радиальные, по которым внедрялась магма глиноземистого состава, б – разломы в ареальной зоне, по которым на поверхность поступала магма магнезиального состава).

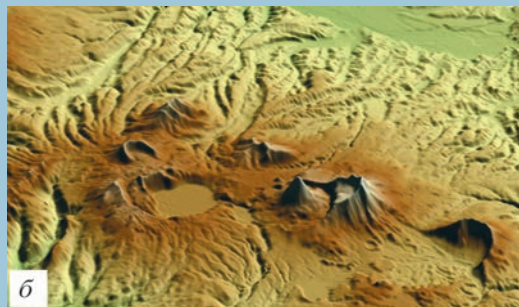
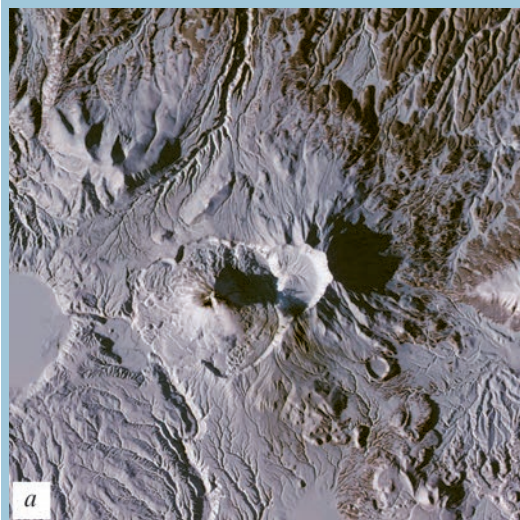


граница распространения пирокластического потока от катастрофического извержения 1964 г. Анализ мониторинга купола за последние более чем 40 лет позволяет сделать вывод, что в будущем даже при катастрофических извержениях на куполе и его разрушениях (направленном взрыве) пирокластический материал не выйдет за границы отложений извержения 1964 г.

Вулкан Ключевской – самый высокий (4800 м) из действующих вулканов Евразии и один из самых активных и продуктивных вулканов Курило-Камчатской островной дуги. По предложению основоположника отечественной вулканологии академика Н.А. Завариц-

кого, “самая замечательная группа вулканов на Камчатке” названа Ключевской. В нее входят

11 вулканов, четыре из которых – действующие. Эксплозивная деятельность вулкана Ключевской

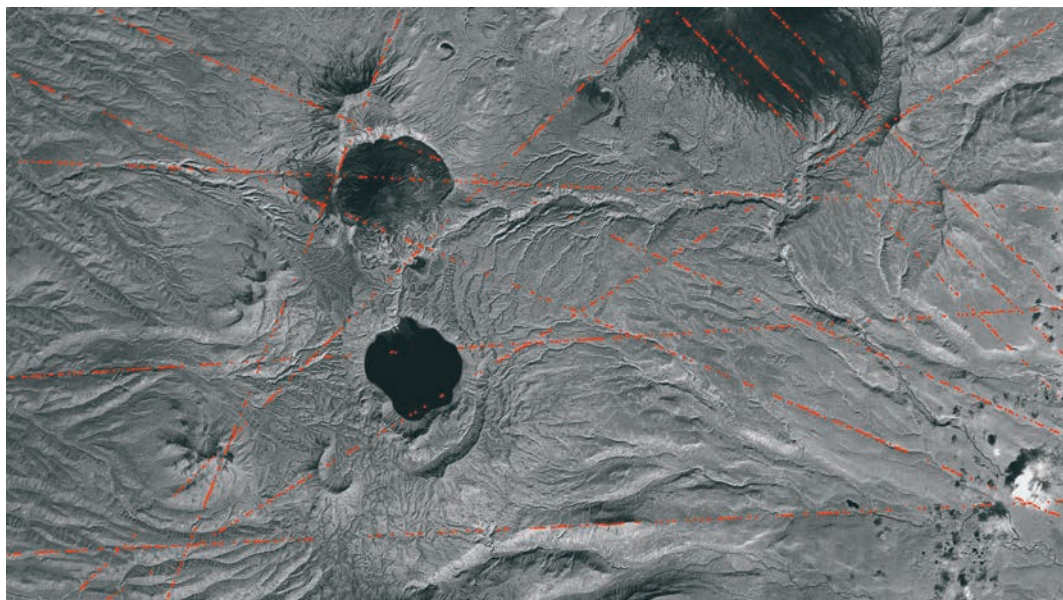


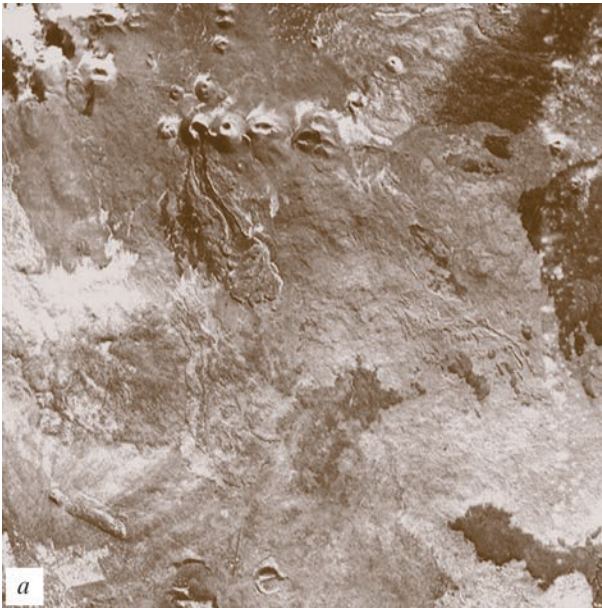
представляет наибольшую опасность для г. Ключи и оказывает также негативные воздействия на полеты реактивной авиации в Северном полушарии. Ярким примером могут служить последствия пароксизмального извержения 1 октября 1994 г., когда восемь международных авиакомпаний отменили авиарейсы из Ма-

лайзии и Японии в США и Канаду вследствие загрязнения вулканическим пеплом трасс следования самолетов. На основе космических снимков создана цифровая 3D морфологическая модель рельефа и новая цифровая карта вулкана Ключевской, на которой впервые выделена ареальная зона вулканизма, приурочен-

Карымская группа вулканов: а) космический снимок, б) цифровая модель (3D) рельефа поверхности.

Рельефная карта Карымской группы вулканов. Результаты автоматизированного линейamentного анализа "LESSA". Магмоподводящие разломы обозначены красными точками и штрихами.





Новые Толбачинские вулканы: а) три новых шлаковых конуса северного прорыва (обозначен БТТИ; снимок сделан ИСЗ "Ресурс-Ф"); б – лавовое поле из отдельных лавовых потоков, отличающихся по времени излияния и химическому составу (ТИМС).

ная к его склонам. Такие цифровые карты позволяют в реальном времени в географической системе координат в случае извержения наносить на них места новых центров извержения, границы лавовых и селевых потоков, раскаленных лавин, лахар и прогнозировать масштабы последствий данных явлений.

Вулкан Карымский расположен в кальдере. Он один из активнейших вулканов Камчатки. За последние 10 лет он почти все время находится в стадии извержения. Его правильный конус пере-

крыт многочисленными лавовыми потоками. В Карымскую группу вулканов входят также более древние образования: вулкан Двор, кальдера Карымского озера и вулкан Академии наук.

Роль разрывных нарушений в заложении, формировании, динамике развития областей современного вулканизма общеизвестна. С помощью программы автоматизированного линейного анализа "LESSA" старшим научным сотрудником НИЦ "Планета" В.Е. Шкариным был обработан фрагмент космического снимка, полученного 12 июня 2000 г. ИСЗ "Landsat-5" (США) для вулканов Карымской группы. В результате выявлены главные линейные элементы субширотного простирания, которые представляют собой магмоподводящие разломы. Их пересечение с генеральными разломами северо-вос-

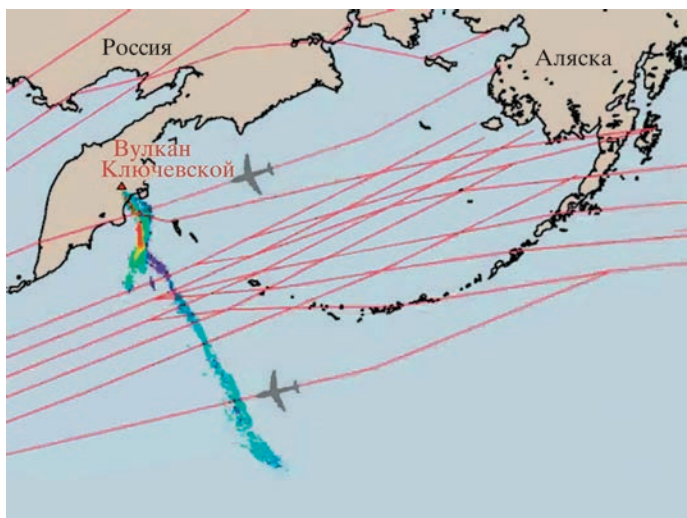
точного простирания, выделенных ранее академиком А.Н. Заварицким, определяют динамику и развитие современного вулканизма Камчатки.

Большое трещинное Толбачинское извержение 1975–1976 гг. В результате этого извержения, предсказанного за неделю заведующим Лабораторией прогноза и механизма извержений ИВ ДВО РАН кандидатом физико-математических наук П.И. Токаревым, в ареальной зоне вулкана Плоский Толбачик образовалось шесть новых Толбачинских вулканов (моногенных шлаковых конусов) и лавовые поля. Вулканологи прибыли в район извержения за несколько дней до его начала и наблюдали в течение года рождение вулканов и их динамику.

Несмотря на то что все перечисленные вулканы Камчатки практически не несут существенной опас-



Извержение вулкана Ключевской 1 октября 1994 г. Изображение получено с помощью радиолокатора бокового обзора SIR-C, установленного на борту КК "Индевор" (STS-68). Фото NASA.



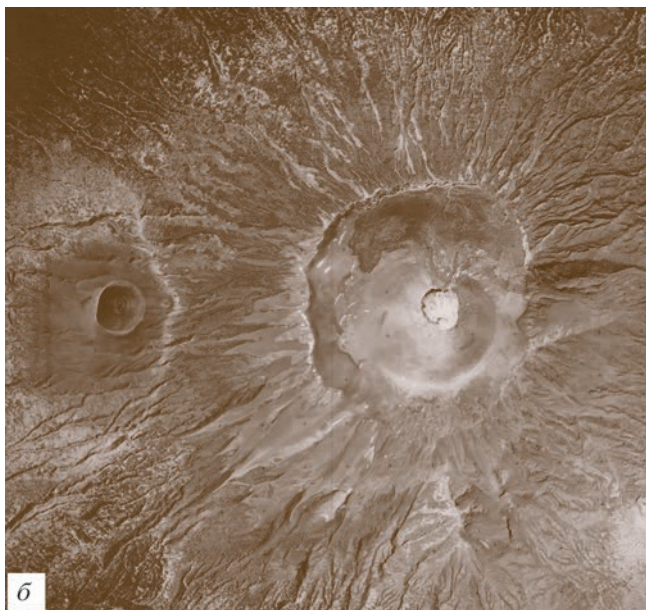
Маршруты международных авиалиний 1 октября 1994 г. в северной акватории Тихого океана и пепловый шлейф вулкана Ключевской, перекрывший все трассы международных сообщений реактивной авиации.

ности для населения полуострова даже в случае катастрофических извержений, опыт создания цифровых моделей рельефа вулканов и разработка сценариев извержений с последующей оценкой вулканопасности имеет большое практическое значение. Кроме того, остается актуальным вопрос контроля движения и распространения пепловых облаков во время и после извержений, представляющих реальную

угрозу безопасности полетов реактивной авиации в Тихоокеанском регионе. Изучение переноса вулканического пепла и аэрозоля на значительные расстояния определило развитие нового направления по контролю распространения вулканических облаков для решения проблемы обеспечения безопасности полетов.

Ранее было известно около 40 случаев, когда при перелетах в та-

ких условиях самолеты попадали в зону влияния вулканических облаков. Это, например, вынужденные посадки в 1982 г. самолета авиакомпании "Britishair" в аэропорту Джакарты при перелете из Малайзии в Австралию и в 1990 г. самолета "DC-10" в аэропорту Анкориджа в результате попадания самолета в пепловое облако от вулкана Ренаут (Аляска). В 1980 г. от активности только одного вулкана Пинатубо (Филиппины) было зарегистрировано несколько случаев нештатных ситуаций на борту авиалайнеров, которые неоднократно заканчивались вынужденными посадками. Причины таких катастроф – облипание



Космический снимок вулкана Тятя: а) шлаковый кратер, места извержения 14–28 июля 1973 г. на склоне (слева); б) пепловый шлейф от эруптивных взрывов, в течение 12 сут распространившийся на сотни километров и достигший южной оконечности о. Сахалин.

и кристаллизация на лопатках реактивных турбин частиц пепла, состоящих главным образом из вулканического стекла и аэрозоля.

Последние события, связанные с извержением 14 апреля 2010 г. вулкана Эйяфьятлайокудль в Исландии, когда европейские аэропорты и авиация были на неделю парализованы, лишний раз свидетельствуют об актуальности мониторинга пепловых облаков (Земля и Вселенная, 2010, № 5).

Вулкан Тятя находится в северной части о. Кунашир. На вершине вулкана

расположен неглубокий замкнутый кратер, на северо-восточном склоне – небольшой побочный конус. Извержение вулкана Тятя началось 14 июля 1973 г. серией мощных эксплозивных взрывов и газовых продувок из двух групп эруптивных центров. Это произошло на северном и юго-восточном склонах постройки вулкана на высоте 450–500 м над уровнем моря. На северном склоне вулкана извержение продолжалось всего одни сутки. Здесь образовались две системы взрывных кратеров субмеридионального и северо-восточного простирания длиной более 900 м, шириной 100–150 м и глубиной от 5 до 60 м. Деятельность кратеров была исключительно эксплозивной и сопровождалась мощными взрывами с выбросом раскаленного пирокластического материала. Это привело к тому, что на расстоя-

нии до 3 км от кратеров лес оказался обожженным, ободраным и местами поваленным. Эксплозивное извержение на юго-восточном склоне вулкана продолжалось несколько дней. В результате сформировался небольшой шлаковый кратер, дно которого было заполнено лавой базальтового состава. Активность вулкана сохранялась на одном уровне: нагруженная бомбами и пеплом эруптивная колонна поднималась на высоту до 8 км, а пепловый шлейф протягивался на сотни километров. Пепел выпал на островах Шикотан и Сахалин.

**ОСОБЕННОСТИ
ДЕШИФРИРОВАНИЯ
РАДИОЛОКАЦИОННЫХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Радарные системы обладают превосходной возможностью обеспечи-

вать мониторинг и контроль быстротекущих процессов на Земле. В отличие от оптических методов радиолокационные системы всепогодны. Их данные не зависят от степени освещенности, радиолокационный луч обладает способностью, в зависимости от длины волн, проникать сквозь определенный поверхностный слой, в том числе растительный покров и лед. Морфология поверхности Земли в структуре радарного изображения зависит от угла облучения зондирующими сигналами склонов рельефа. Так, при малых углах наблюдения даже небольшие перепады рельефа могут дать контрастные образы. Рельеф земной поверхности высказывается также в фазовой структуре рассеянных сигналов, что позволяет с помощью алгоритмов интерферометрической обработки построить трехмерное изображение поверхности Земли и сформировать цифровые модели различных структурных образований (SAR-интерферометрия).

Радиолокаторы с синтетизированной апертурой (РСА) наряду с ИК-съемкой эффективно используются для идентификации лавовых потоков. Эти свойства успешно применены нами для различения морфологии лавовых потоков и для определения относительного возраста застывшей лавы, поскольку более старая структура имеет более ровную поверхность.

В нашем Институте были детально проанали-

зированы радиолокационные изображения вулканов Ключевской группы на Камчатке, полученные с помощью РСА и представленные нам NASA для обработки. Радиолокатор SIR-C/X-SAR был установлен на космическом корабле "Индевор" (STS-59) и работал в трех диапазонах – 3,1; 5,6 и 23 см. В апреле 1994 г. во время полета большинство радиолокационных съемок пришлось на вулканы Камчатки. Анализ полученных материалов показал, что для задач вулканологии и геологии наибольший интерес представляют режимы съемок, обеспечивающие наличие кросс-поляризационных изображений при широкой полосе обзора в L-диапазоне (23 см). С помощью SIR-C можно получать изображения в различных режимах и с разрешением на местности 25 м. Запись изображения на борту производилась параллельно по четырем каналам. Изменение параметров съемки оказало существенное влияние на степень дешифрирования лавовых потоков.

Метод кросс-поляризации в L-диапазоне оказался наиболее эффективным при выделении на радиолокационных изображениях лавовых потоков даже на крутых склонах вулканов, тогда как другие режимы съемок не дают таких возможностей. Этот вывод был убедительно подтвержден в совместных исследованиях сотрудниками ИГЕМ РАН (А.П. Хренов, О.А. Богатиков) и ИРЭ РАН (Н.А. Арманд, Ю.Г. Тищен-

ко) при подготовке выполнения научной программы полета Международной космической станции (МКС).

ВЫВОДЫ

Краткосрочный прогноз извержений опирается как на инструментальные наземные (сейсмологические), так и на аэрокосмические наблюдения за действующими вулканами. Мощные катастрофические извержения (с объемом изверженного материала более 1 км³) происходят приблизительно раз в два-три года. Только детальные комплексные исследования таких катастрофических и длительных извержений приблизят нас к пониманию механизма таких пароксизмальных извержений.

Как уже отмечалось, пока единственной возможностью максимального снижения риска и минимизации последствий геологических катастроф, таких как извержения вулканов, является поиск критериев предвестников катастрофических извержений. В настоящее время в мировой практике, в том числе и в России, есть примеры успешных прогнозов извержений вулканов. Перспективными и эффективными методами дистанционного зондирования из космоса с целью поиска критериев предвестников природных явлений, на наш взгляд, считаются радиолокационные и интерферометрические измерения земной поверхности. Необходимо как можно быстрее создавать нашу отечественную группировку специализированных ИСЗ.

Изучение землетрясений из космоса

А.А. ТРОНИН,

кандидат геолого-минералогических наук

Научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург

Возможен ли прогноз землетрясений? Этот вопрос волнует ученых и общество, особенно там, где случаются землетрясения. Судя по последним событиям в Индонезии, Китае, Гаити, Японии, такой прогноз в настоящее время невозможен. В 1990-х гг. в научной среде возобладали пессимистические идеи, согласно которым прогнозировать землетрясения нельзя принципиально, поскольку они – случайные события. Но жизнь



не стоит на месте, и в 2000-х гг. наметился некоторый оптимизм в решении этой трудной

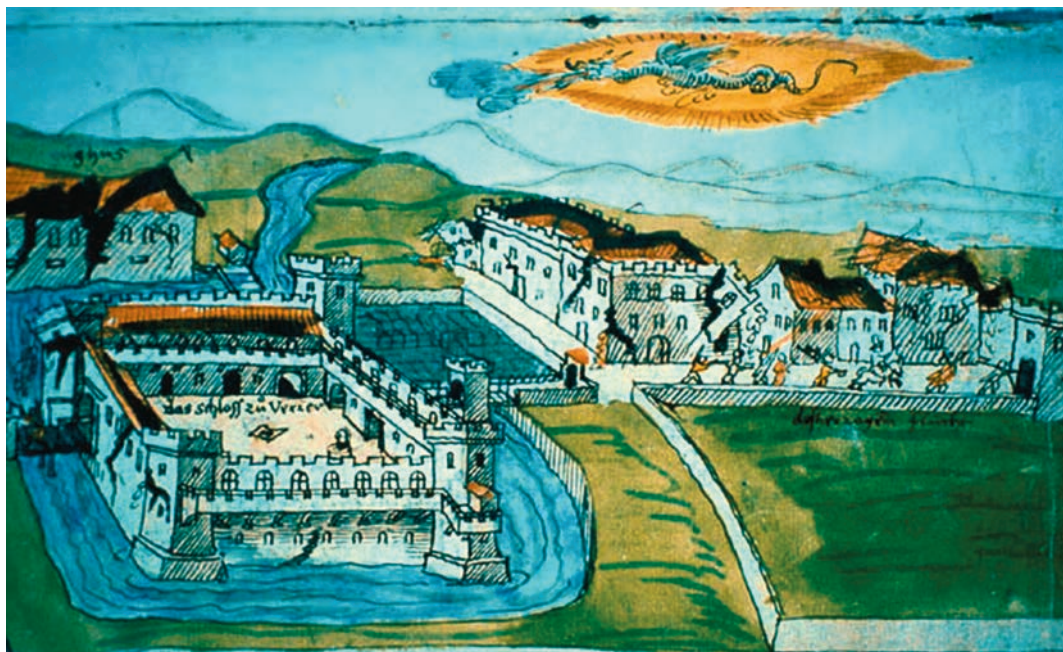
проблемы: получены новые данные о механизме землетрясений, появились прогрессивные методы их исследований из космоса. Катастрофическое землетрясение 11 марта 2011 г. в Японии снова породило волну пессимизма. Так, известный сейсмолог Роберт Геллер высказал мысль, что теория “сейсмических зон молчания” (“seismic gap”) оказалась несостоятельной.

КОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГЕОЛОГИИ

С развитием космонавтики началось исследование Земли из космоса. Оказалось, что Земля значительно “живее”, чем представлялось ранее. Специалисты обнаружили множество палеосейсмодислокаций: усту-

пов в рельефе, смещений русел рек и хребтов, молодых складок горных пород – следов недавних, по геологической шкале времени, землетрясений. Космические съемки придали мощный импульс неотектонике – науке, изучающей структуры, историю развития и

тектонические движения земной коры, которые обусловили современный рельеф Земли. Ведь на космических снимках превосходно видны все особенности рельефа, зачастую гораздо лучше, чем на топографических картах. Но на определенном этапе космические



фотоснимки, а ранее использовались именно они, перестали удовлетворять ученых. Не хватало данных для анализа динамики сейсмических процессов. Поэтому появились новые космические методы изучения геологических процессов. Значительно расширился спектральный диапазон изображений: появились системы в тепловом инфракрасном (3–14 мкм) и радиолокационном диапазонах (2,5–30 см). Спутниковые системы стали цифровыми, что позволило измерять физические характеристики земной поверхности и атмосферы. Для пользователей Интернета многие данные стали доступны и в режиме, близком к “реальному времени”.

КАК ОБНАРУЖИТЬ СМЕЩЕНИЕ ПОЧВЫ ИЗ КОСМОСА

Задача выбора направления исследования землетрясений из космоса двудеинная: с одной стороны, необходимо изучать физические явления, связанные с землетрясениями, с другой — оперировать имеющимися техническими средствами. Посмотрим, какие процессы на Земле, сопровождающие землетрясения, доступны для измерения с помощью космических аппаратов. В первую очередь, на что обращают внимание при изучении землетрясений, это деформации земной поверхности. Казалось бы, ничего нового, ведь все видели фотографии оползней, искореженных зданий и потрескавшихся дорог, но полной

“Огненный дракон”, появившийся во время землетрясения 17 ноября 1570 г. в Ферраре (Италия). Публикуется с разрешения Национальной информационной службы прикладной сейсмологии (Калифорнийский университет, Беркли).

картины распределения деформаций на земной поверхности после землетрясения до недавнего времени не было. Впервые это стало возможно после изобретения в середине 1990-х гг. метода спутниковой радиолокационной интерферометрии. Этот метод основан на измерении амплитуды и фазы радиолокационного сигнала, отраженного от земной поверхности. Измерения проводятся с двух параллельных орбит, что

позволяет с высокой точностью восстановить рельеф поверхности. Проведя такие же измерения, например, через год, можно заметить тонкие изменения рельефа поверхности. Современные системы способны фиксировать смещения с фантастической точностью – вплоть до нескольких миллиметров, и это на дальности в сотни километров! Впервые такие исследования выполнены после землетрясения Ландерс в Калифорнии 28 июня 1992 г. (магнитуда $M = 7,3$). В нашей стране созданы карты деформаций Нефтегорского землетрясения на Сахалине 28 мая 1985 г. ($M = 7,6$, более 2 тыс. погибших) и Алтайского 27 сентября 2003 г. ($M = 7,3$). С помощью спутников получены самые свежие изображения землетрясений на Гаити 12 января 2010 г. ($M = 7,0$, погибло более 23 тыс. человек; Земля и Вселенная, 2010, № 2) и в Японии 11 марта 2011 г. ($M = 9,0$, погибших более 14 тыс.).

Итак, деформации земной поверхности измерены со спутников. Но эти деформации зафиксированы уже после землетрясения! Ученые могут изучать очаг землетрясения, спасатели – оценивать мас-

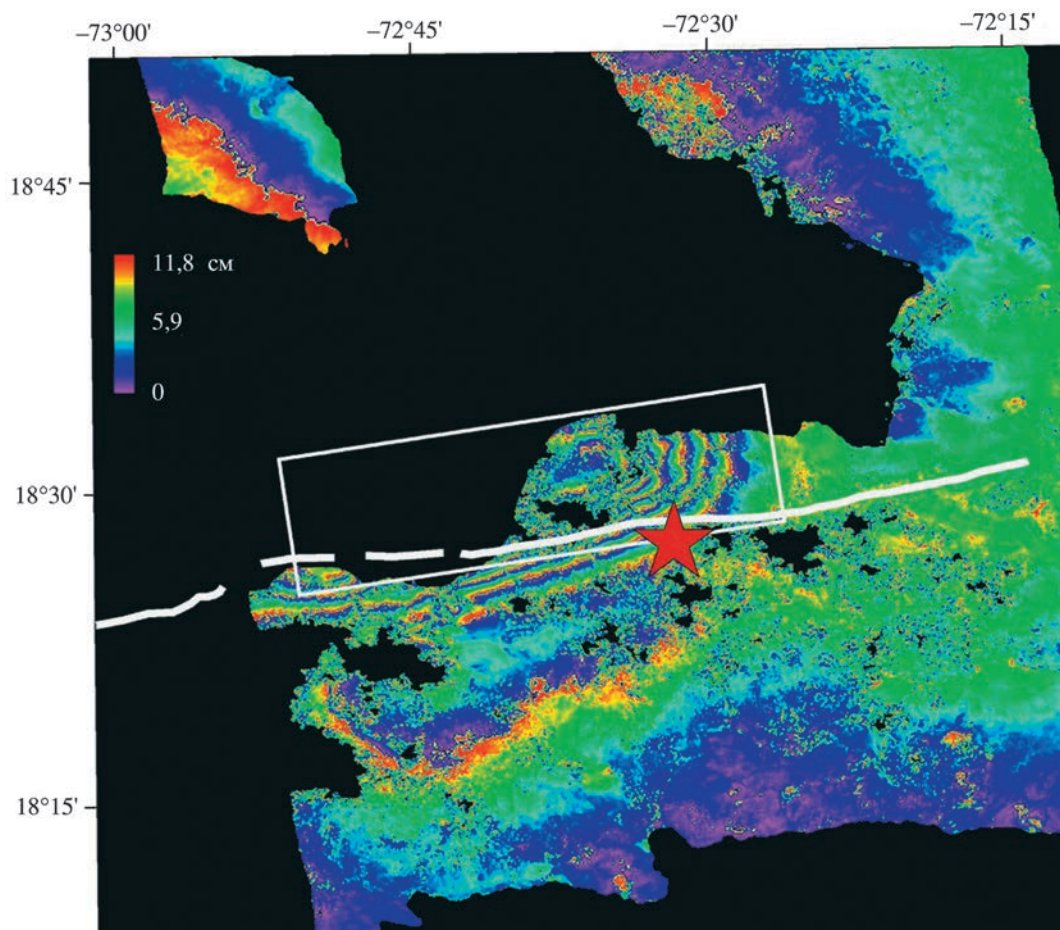
штаб разрушений. Возникают ли деформации перед землетрясением и можно ли их измерить? По одним сведениям, заметных деформаций поверхности не обнаружено, по другим – такие изменения есть, и спутниковая радиолокационная интерферометрия их фиксирует. Например, в Японии, в районе Токай, на контакте трех литосферных плит уже 20 лет наблюдается опускание одного из густонаселенных участков со скоростью более 5 мм/год. Здесь ожидается разрушительное землетрясение с огромной энергией (магнитуда более 8). Заметим, что так называемого землетрясения Токай так до сих пор и не произошло, зато случилась катастрофа 11 марта 2011 г., которую японские сейсмологи не ожидали. Последнее землетрясение ($M = 8,4$) произошло здесь в 1854 г., оно вызвало цунами, разрушены десятки тысяч домов, погибло примерно 2 тыс. человек. Цунами сильно повредило российский фрегат “Диана”, на котором вице-адмирал Е.В. Путятин¹ прибыл в порт Симода для заключения первого российско-японского договора. Периодичность землетрясений в этом районе составляет 100–

150 лет, поэтому любые исследования по их прогнозу весьма актуальны.

Параллельно развивалась другая спутниковая технология измерения смещений – система глобального позиционирования GPS. Сети высокоточных GPS-приемников покрывают крупные сейсмоактивные регионы и целые страны. В той же Японии национальная сеть насчитывает в настоящее время более 1200 станций, расположенных на расстоянии 20–50 км и проводящих измерения каждые 30 с. Столь густая сеть позволяет следить за деформациями земной поверхности крупных регионов в режиме реального времени и проверять данные спутниковой интерферометрии. Россия, к сожалению, не может похвастаться чем-либо подобным. Возможно, отечественная система глобального позиционирования ГЛОНАСС сможет перенести исследования смещений земной поверхности в систему мониторинга деформаций.

Деформации и смещения приводят к изменению рельефа и, как следствие, к изменению массы горных пород, а это уже область гравиметрии – науки об измерении величин, характеризующих гравитационное поле

¹ Из донесения Е.В. Путятин: “Около 10 часов утра (11/24 декабря 1854 г.), находясь в каюте, я почувствовал легкое содрогание, которое отозвалось еще ощутительнее в кают-компании. Спустя четверть часа после этого землетрясения вода близ города как будто закипела, – усилившееся вдруг течение реки произвело на отмелях буруны и всплески... Таким образом, при ясном небе и маловетрии, на якорях, одними лишь ужасными колебаниями моря, фрегат приведен был в крайне гибельное состояние...”



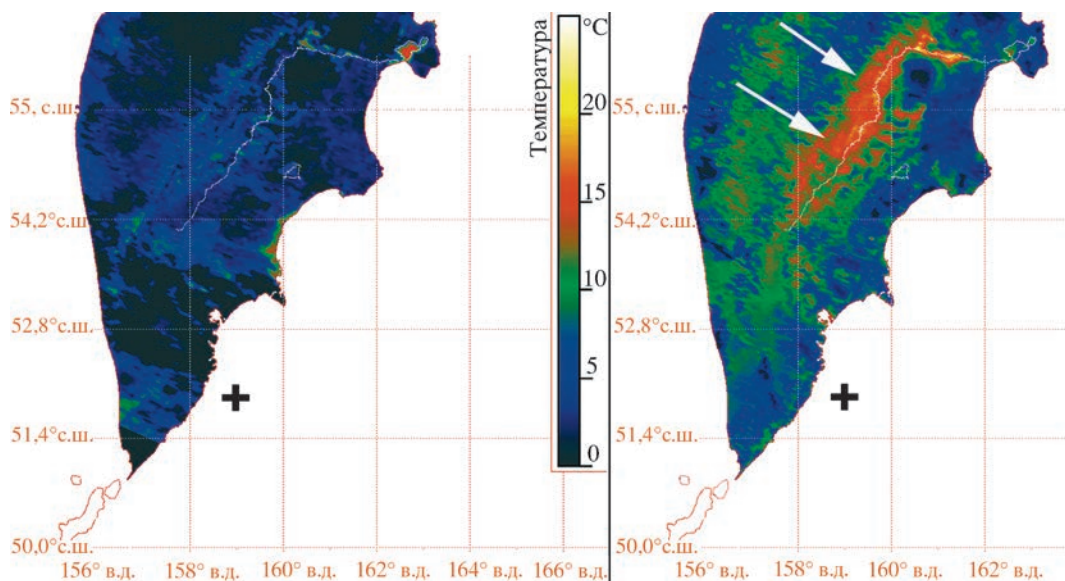
Земли. Спутники проникли и в эту область науки: в настоящее время существует несколько систем измерения гравитационного поля Земли из космоса, например европейский ИСЗ “GOCE” (запущен в 2009 г.; Земля и Вселенная, 2010, №5). После разрушительного Суматранского землетрясения в Индонезии 26 декабря 2004 г. ($M = 9,0$), вызвавшего чудовищное цунами и унесшее жизни более 227 тыс. человек, были зафиксированы изменения грави-

тационного поля Земли в эпицентральной области. По всей видимости, они были вызваны мощным смещением литосферных плит. Вертикальное поднятие с амплитудой в несколько метров охватило площадь около 30 км², тогда как горизонтальное смещение сегмента плиты составило до 10 м на участке 150×1200 км².

ЧТО ЕЩЕ МОЖНО
“УВИДЕТЬ” ИЗ КОСМОСА

Древним грекам и римлянам были известны многие явления, сопро-

Смещения земной поверхности, измеренные по данным спутниковой радиолокационной интерферометрии во время землетрясения на Гаити 12 января 2010 г. Звездочка – эпицентр землетрясения, белая полоса – линия разлома, цветные полосы – смещение поверхности Земли в сантиметрах. По данным JAXA, JPL/NASA.



Космические тепловые ИК-снимки Камчатки 21 июня 1996 г. ($M = 7,0$), сделанные американским ИСЗ "NOAA14": а) за неделю до землетрясения – фоновое состояние (крестиком обозначен эпицентр); б) на следующий день после землетрясения – тепловая аномалия на земной поверхности (стрелки показывают тепловую аномалию). Фото NOAA.

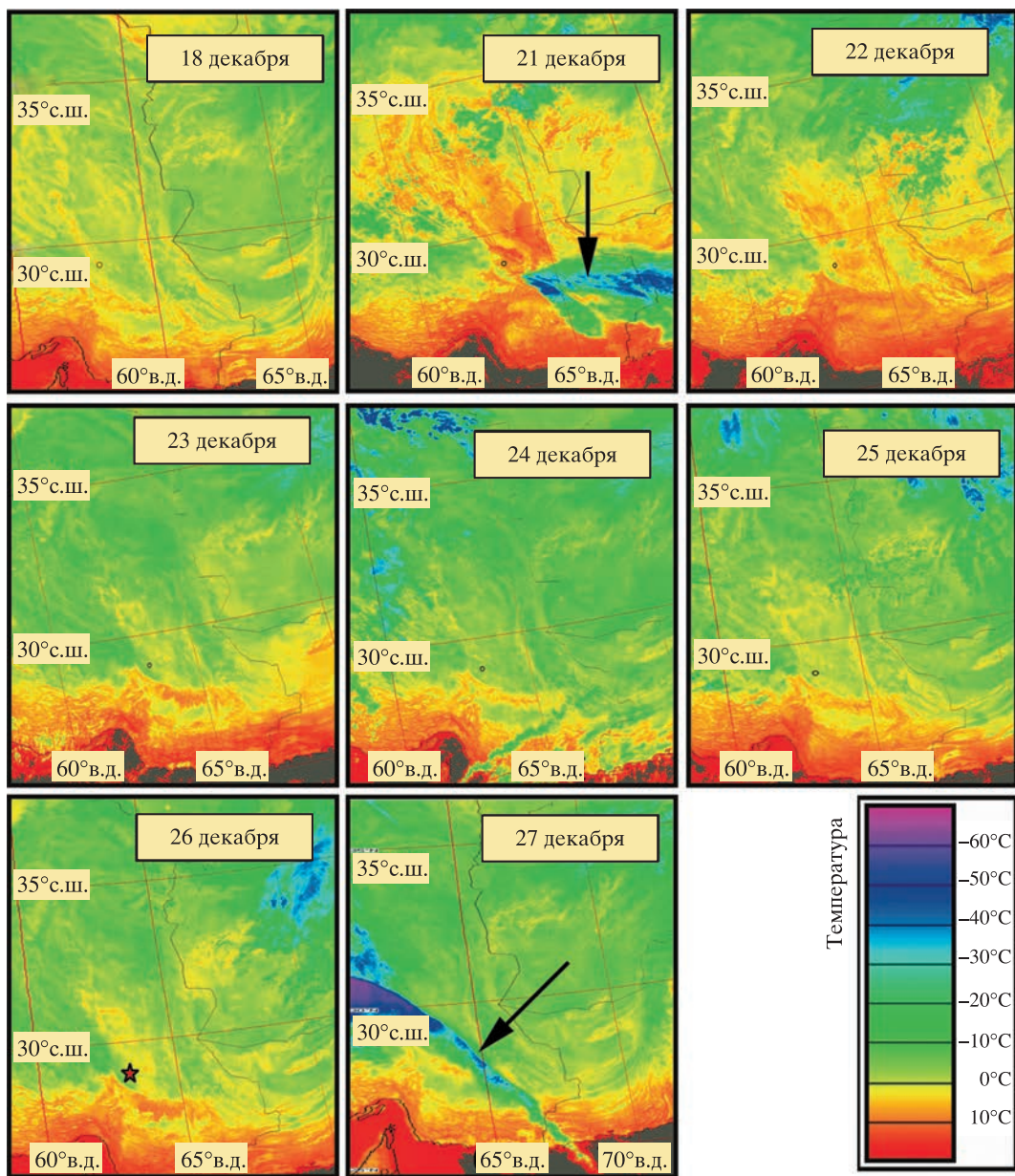
вождающие землетрясения. В 1691 г. Мачелло Бонито резюмировал современные ему знания о предвестниках землетрясений: "Во-первых, если без всякой причины вода источников становится мутной и приобретает запах; этот эффект рожден от неистового усилия жизненных сил, пытающихся яростно вырваться из глубин, ломающих землю, смешиваясь с серой. Наблюдая за водой в колодце, Фе-

реид, учитель Пифагора, мог предсказать землетрясение. Во-вторых, если ключевая вода становится бурной и вырывается на поверхность из-за вышеупомянутой причины (это явление наблюдалось в 1570 г. перед землетрясением в Ферраре). В-третьих, если перед толчком имеется некоторое неожиданное изменение в ясности и спокойствии в воздухе. Это происходит, когда множество газов, которые были заперты в недрах Земли, под увеличивающимся давлением находят способ вырваться, как это упомянуто у Сенеки. Так, землетрясение, случившееся во времена Нерона в области Кампании, было предсказано по этому предвестнику. В-четвертых, если при спокойном небе мягкая линия или узкое облако видимо против Солн-

ца. В-пятых, если Солнце появляется в дымке темным на безоблачном небе. В-шестых, если рядом появляется огонь, подобно колонне или другой формы..."

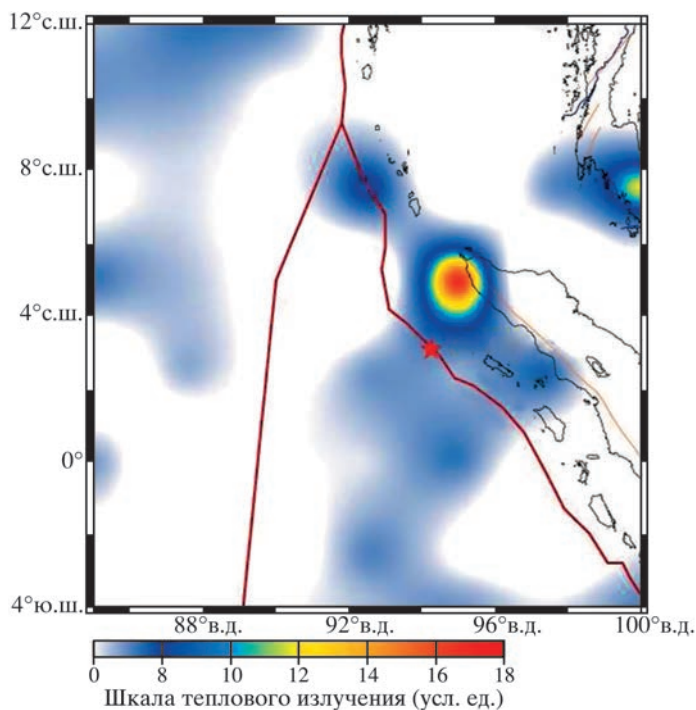
Современные научные исследования подтверждают наблюдения наших предков: перед землетрясением изменяются уровень воды в скважинах и колодцах, химический состав вод, часто растет температура воды и почвы, из почвы выделяются газы. Можно ли такие процессы "увидеть" из космоса? С помощью современных средств, оказывается, можно.

Уже есть спутники, например "CloudSat" и "Calipso" (США, Франция), измеряющие содержание влаги в почве, содержание многих газов в атмосфере, но эти технологии еще очень молоды и "слабы" для



Космические тепловые ИК-снимки землетрясения Бам в Иране 26 декабря 2003 г. ($M = 6,6$, погибло 43 тыс. человек), сделанные американским ИСЗ "NOAA-17". Тепловые аномалии на земной поверхности наблюдались 21 и 22 декабря, а необычная облачность (показана стрелками) – 21 и 27 декабря 2003 г. Фото NOAA.

Карта уходящего теплового излучения Земли в ноябре 2004 г., за месяц до землетрясения на Суматре (Индонезия), произошедшего 26 декабря 2004 г. ($M = 9,0$, погибло, по разным оценкам, от 225 тыс. до 300 тыс. человек). Цветное пятно на севере о-ва Суматра – аномалия уходящего теплового излучения Земли, звездочка – эпицентр.



изучения землетрясений. Из доступных и высокотехнологичных методов наиболее развита в настоящее время космическая тепловая съемка (в ИК-диапазоне), позволяющая измерять температуру земной поверхности с высокой точностью на больших территориях с интервалом до 30 мин.

Многочисленные исследования в России, Китае, США, Италии и других странах с помощью национальных ИСЗ выявили тепловые аномалии, часто над зонами крупных разломов земной коры, сопровождающие землетрясения. Температура зоны разлома повышалась за одну-две недели (а иногда за 3–4 сут) до толчка. Перед самым толчком наблюдается затишье: температура приближается к нормальной, затем сразу после события температура вновь резко возрастает, а через несколько дней возвращается к фоновому уровню. Например, перед землетрясением 21 июня 1996 г. на Камчатке наблюдалось естественное распре-

деление температуры, а сразу после толчка произошел резкий рост температуры поверхности.

Тепловые аномалии отмечены не только на суше, но и на море. На морской поверхности чаще отмечается подъем холодных глубинных вод. Задачей сегодняшнего дня в этой сфере применения космических методов для исследования землетрясений является разработка автоматизированных систем наблюдения за сейсмически активными регионами, накопление данных.

Космическая тепловая съемка имеет существенный недостаток: облачность для нее – препятствие. Но может быть, “тот, кто нам мешает, тот нам поможет”? Еще

Аристотель в “Метеорологике” утверждал: “Так же объясняется появление порой обычных предвестий землетрясения: в ясном небе днем или вскоре после заката показывается тонкое и вытянутое в длину облачко, подобное тщательно проведенной длинной прямой черте, ведь в это время [поток] пневмы, изменивший свое направление, ослабевает...” Может быть, облака могут помочь в прогнозе землетрясений?

В этой области развитие исследований идет в двух направлениях, эмпирическом и количественном. Идея первого метода заключается в анализе формы и распределения облаков для прогноза землетрясений.



В качестве примера можно указать на странные облака, появившиеся 21 и 27 декабря 2003 г. в непосредственной близости от эпицентра землетрясения, разрушившего город Бам в Иране 26 декабря 2003 г. ($M = 6,6$, погибших 31 тыс.).

Однако попытки формализовать этот метод до настоящего времени не удалась, он остается на уровне искусства. Количественный метод основан на измерении все того же инфракрасного теплового излучения от Земли, но в отличие от вышеупомянутой космической тепловой съемки, в данном варианте измеряется радиация от всех объектов, а основной объект на Земле при

взгляде на нее из космоса — это облака. Таким образом, измеряется главным образом температура верхней границы облаков. Обнаружено, что за пару месяцев в эпицентре наблюдается положительная аномалия уходящего инфракрасного излучения.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Еще в XIX в. научная мысль пыталась найти связь между изменением электрических полей и возникновением землетрясений. Уильям Стьюкли² первым предположил, что земное электричество является причиной земле-

Изображение аварийной АЭС «Фукусима-1» (Япония). Снимок сделан 14 марта 2011 г. ИСЗ «WorldView-2» через 3 мин после взрыва на реакторе № 2. Фото «DigitalGlobe» (США).

трясений. Идея о том, что землетрясения вызывает электричество, была общепринятой также в Италии и Франции. Во Франции возобладала комбинация традиционных теорий происхождения землетрясений от огня и пара с «электрической» гипотезой. Сторонники «электрической гипотезы» рассматривали электричество как источник возникновения очагов огня. Основываясь на этой гипотезе,

² Уильям Стьюкли (1687–1765) — британский антиквар, пионер археологических исследований Стоунхенджа и Эйвбери, один из основателей полевой археологии. Один из первых биографов И. Ньютона.



Карта ночного свечения Японии, построенная по данным американского оборонного метеоспутника. Красным цветом показано сокращение освещения после землетрясения к уровню 2010 г., жёлтым цветом – отсутствие изменений. Все северо-восточное побережье о. Хонсю, пострадавшее от землетрясения и цунами 11 марта 2011 г., окрашено красным цветом. По данным NASA.

Пьер Бертолон³ предложил защищать целые области Франции от землетрясений, используя громоотводы. Для поддержания устойчивого равновесия между атмосферой и внутренними оболочками Земли предполагалось проложить в почве длинные железные пруты с различными видами наконечников и проводов на обоих концах. Наконечники долж-

ны были быть заглублены в землю и выведены в воздух для выравнивания электрических потенциалов геосфер.

Тогда же были получены крайне интересные научные факты, свидетельствующие о проявлении электрических процессов в землетрясениях. Так, И.В. Мушкетов⁴ сообщил, что при землетрясении в Иркутске 20 февраля 1871 г.

³ Пьер Бертолон (1742–1800), французский врач, физик и натуралист, друг Бенджамина Франклина.

⁴ Иван Васильевич Мушкетов (1850–1902) – выдающийся русский ученый, геолог и географ, знаменитый путешественник, исследователь Средней Азии, составитель большого каталога землетрясений России.

($M = 6,3$), “во все время сотрясения почвы — от 8 до 10 секунд передача депеш телеграфом не могла быть произведена по причине значительно ослабления силы тока в гальванических цепях. На северо-западной стороне Байкала давление атмосферы было значительно более, чем на юго-восточной, между тем, наиболее сильные потрясения проявились именно в области слабейшего атмосферного давления”. Что могло вызвать ослабление силы тока в электрических батареях? Так или иначе, значительные электрические, или, точнее, электромагнитные, процессы происходят при подготовке землетрясения и собственно во время толчка. Эти процессы наблюдаются не только на земной поверхности, есть они и в ионосфере.

Электромагнитные исследования в околоземном космосе проводились в Советском Союзе в 1960–1980-х гг., когда и было впервые обнаружено аномальное состояние ионосферы. В настоящее время французский ИСЗ “DEMETER” (запущен в 2004 г.) ведет сбор информации об изменениях в ионосфере, чтобы определять начало землетрясений. На этом спутнике зарегистрированы изменения плотности электронов в ионосфере за три дня (!) до землетря-

сения на Гаити 12 января 2010 г. Другое направление электромагнитных спутниковых исследований — анализ общего содержания электронов в ионосфере при высокоточных GPS-измерениях. Эти данные получают “сами собой”, как поправка при GPS-измерениях, и их можно использовать для мониторинга “сейсмической погоды” в ионосфере. В настоящее время накоплено много информации об изменениях общего содержания электронов в ионосфере при землетрясениях. Так, например, суточный ход общего содержания электронов был нарушен за трое суток до землетрясения Чи-чи на Тайване 20 сентября 1999 г. ($M = 7,7$, погибло 2297 человек).

А ЕСЛИ ПОМЕЧАТЬ?

Сегодня мы можем наблюдать из космоса некоторые явления, связанные с землетрясениями: деформации и изменение температуры земной поверхности, возмущения в ионосфере, необычную облачность в атмосфере. Какие еще предвестники землетрясений мы хотели бы наблюдать из космоса? В первую очередь — напряжения в земной коре, затем уровень грунтовых вод и химический состав приземной атмосферы. Многие компоненты хи-

мического состава атмосферы уже определяются из космоса, уровень грунтовых вод можно измерить с помощью высокоточной гравиметрической съемки, развиваются радиолокационные методы измерения влажности почвы, есть некоторые соображения и по измерению уровня напряжения горных пород.

В прогнозе землетрясений сегодня нет “абсолютного оружия”, и спутниковые методы не решают проблему. Но преимущества спутниковых методов надо использовать для изучения землетрясений. А преимущества значительны: съемка огромных территорий с большой периодичностью, высокое пространственное разрешение и точность восстановления физических свойств земной поверхности. Прогноз землетрясений в будущем будет таким же точным и досрочным, как сейчас осуществляется прогноз погоды. Нельзя поддаваться пессимизму и отступить перед сложнейшей научной проблемой — прогнозом землетрясений, необходимы новые подходы к пониманию физики, механизма землетрясений, тогда и прогноз землетрясений будет реализован.

Дистанционное зондирование океанов и морей

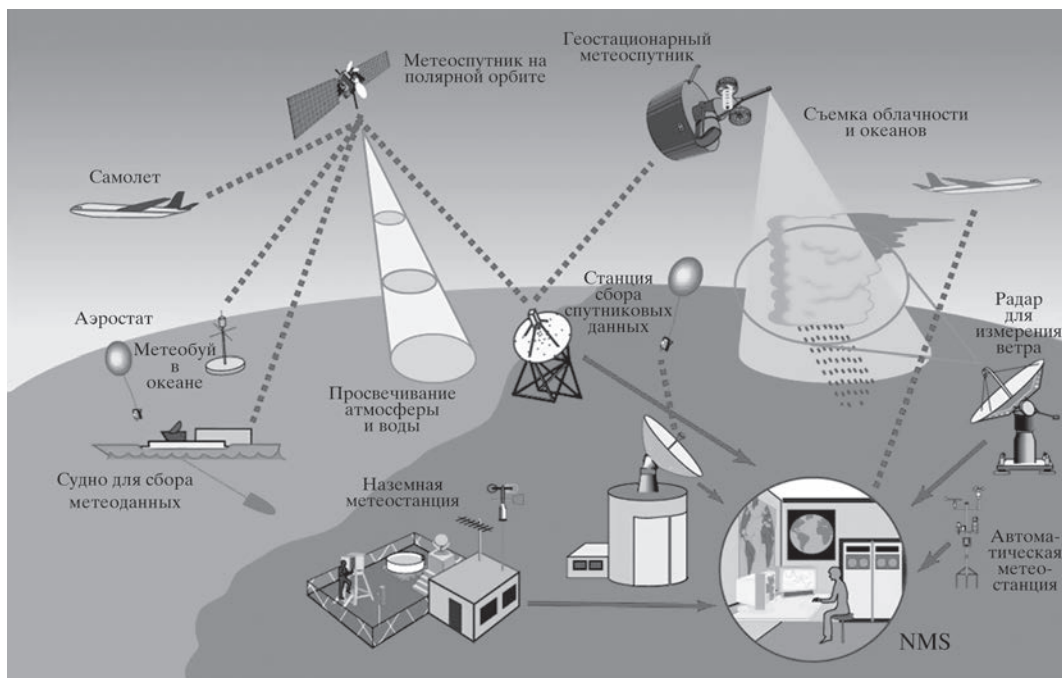
А.Г. КОСТЯНОЙ,
доктор физико-математических наук
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН
О.Ю. ЛАВРОВА,
кандидат физико-математических наук
Институт космических исследований РАН
М.И. МИТЯГИНА,
кандидат физико-математических наук
Институт космических исследований РАН



Авторы рассказывают о дистанционных спутниковых методах исследования и мониторинга океанов и морей, об их преимуществах и недостатках, а также перечисляют задачи, которые в насто-

ящее время решаются с помощью космических аппаратов, специализирующихся на дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ). Читатели познакомятся с примерами того, как происходит мониторинг нефтя-

ного загрязнения вод, распространения взвешенного вещества, цветения вод, температуры поверхности моря, динамики вод, уровня моря, скорости ветра и высоты волн.



СПУТНИКОВЫЕ МЕТОДЫ ДЗЗ

Спутниковые методы давно, широко и активно используются для мониторинга Мирового океана и в настоящее время играют важную роль в создаваемой Глобальной системе наблюдения за Океаном. Глобальная система наблюдения в настоящее время включает около 10 тыс. наземных станций; 1 тыс. аэрологических станций; более 1 тыс. кораблей; 1200 дрейфующих буев; 200 заякоренных буев; 3 тыс. ныряющих буев "Арго" и примерно 3 тыс. коммерческих самолетов. В космическую группировку системы входит шесть геостационарных спутников, пять полярно-орбитальных спутников,

пять оперативных спутников для исследования окружающей среды и еще около 50 различных спутников. Наиболее информативный метод решения задач дистанционного исследования поверхности Земли из космоса — использование и тематический анализ изображений, полученных приборными комплексами различных частотных диапазонов, установленных на космических аппаратах. Они оснащены приборами дистанционного зондирования (радиолокаторами, скаттерометрами, радиометрами и оптической техникой) и выведены на орбиты специально для получения разносторонней геофизической информации, необходимой для оценки состоя-

Глобальная система наблюдений из космоса. МНС — Национальные метеорологические службы. Фото ВМО.

ния окружающей среды и для природо-ресурсных исследований.

Различные активные и пассивные сенсоры, работающие в видимой, инфракрасной и микроволновой областях электромагнитного спектра, используются для измерения четырех основных параметров океанов и морей: цвета, температуры, высоты и шероховатости морской поверхности. Зная эти параметры, можно решать разнообразные задачи:

— цветковые сканеры определяют спектр

ральные свойства радиации, восходящей с водной поверхности, которая несет информацию о различных оптических характеристиках поверхностного слоя Океана – прозрачности вод, концентрации взвешенного вещества, содержании хлорофилла, цветении вод и т.д. Оптический диапазон также позволяет наблюдать скопления и кромку льда, айсберги и при определенных условиях – нефтяные загрязнения;

– инфракрасные и микроволновые сенсоры используются для измерения температуры поверхности Океана/моря (ТПО/ТПМ). В отличие от инфракрасных радиометров и оптических сканеров пассивные микроволновые сенсоры могут измерять поле ТПО в условиях сплошной облачности, правда с меньшей точностью и пространственным разрешением. Инфракрасные радиометры позволяют также наблюдать скопления и кромку льда.

Микроволновая радиометрия позволяет определять соленость поверхностных вод, однако пока еще с точностью, недостаточной для большинства задач в океанографии:

– активные микроволновые сенсоры (альтиметры, скаттерометры, радары с синтезированной апертурой) используются для определения высоты морской поверхности, уровня океанов и

морей, высоты волн, скорости приводного ветра, льда и нефтяных загрязнений.

Область применения данных дистанционного зондирования, получаемых с различных спутников, исследующих моря и океаны, широка и далеко не исчерпывается приведенным ниже списком:

– охрана окружающей среды;

– мониторинг уровня и динамики вод различных частей морей и океанов;

– мониторинг экологического состояния территорий и акваторий в районах добычи, переработки, транспортировки нефти и газа, других полезных ископаемых;

– контроль береговых зон, наблюдение за судами, выявление и отслеживание нефтяных загрязнений;

– текущий контроль строительства объектов инфраструктуры, транспортировки и добычи нефти и газа и оперативный мониторинг их состояния;

– оперативное картографирование и изучение температурного режима морей и океанов;

– оперативное картографирование и изучение ареалов распространения взвешенного вещества;

– анализ распространения и динамики размещения фитопланктона в целях определения биопродуктивности моря и цветения вод;

– отслеживание ледовой и снеговой обстановки на суше и на море;

– мониторинг уровня, стока и дельт крупных рек;

– изучение облачного покрова, мониторинг опасных атмосферных явлений, скорости ветра и высоты волн;

– мониторинг природных и антропогенно-спровоцированных катастроф на региональном уровне, лесных пожаров, наводнений;

– создание и обновление топографических и специальных карт и планов вплоть до масштаба 1:2000.

Составной частью любой программы современного мониторинга экологического состояния суши или морей является спутниковый мониторинг, который обладает большими возможностями и преимуществами по сравнению с наземными средствами. Кроме того, за последние 20 лет в связи с распадом СССР не только кардинально изменилась геополитическая обстановка в Балтийском, Черном, Азовском и Каспийском морях, но и значительно уменьшился объем регулярных гидрологических работ в море, а также объем информации с метеостанций и уровнемерных постов Росгидромета. Поэтому современное термогидродинамическое и экологическое состояние морей России, а также тенденции их эво-

люции в целом известны плохо.

В Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИОРАН) имеется уникальный разносторонний опыт проведения комплексного спутникового мониторинга Балтийского, Черного, Азовского, Каспийского, Аральского, Средиземного, Баренцева и Карского морей, а также Северного Ледовитого, Атлантического, Тихого и Индийского океанов для решения различных научных задач. В частности, специалисты ИО РАН в сотрудничестве с учеными Института космических исследований РАН, Геофизического центра РАН, а также Морского гидрофизического института (г. Севастополь) разработали эффективный комплексный (мультисенсорный и междисциплинарный) подход к оперативному спутниковому мониторингу нефтяного загрязнения морей России.

Впервые такой подход был реализован на практике для района юго-восточной Балтики, где в 2004–2005 гг. по контракту с ООО “Лукойл-Калининградморнефть” нами была фактически создана служба мониторинга нефтяного загрязнения, которая работала в оперативном режиме круглосуточно в течение 18 месяцев. Впоследствии аналогичный комплексный подход был применен к Азово-Черноморскому бассейну и

Каспийскому морю. Результаты, полученные в 2004–2011 гг., показали эффективность комплексного спутникового мониторинга экологического состояния Балтийского, Черного, Азовского и Каспийского морей. Разработанная технология оперативного комплексного спутникового мониторинга и приобретенный опыт могут быть легко перенесены на другие моря Российской Федерации и районы Мирового океана.

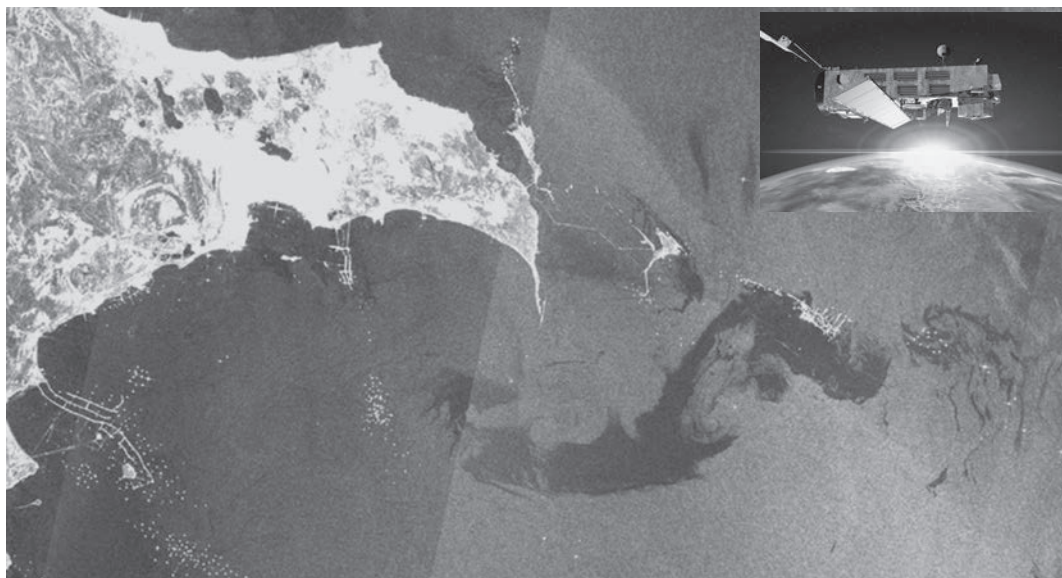
Спутниковые методы исследования океана обладают рядом преимуществ по сравнению с морскими или авиационными средствами наблюдений. Среди них – глобальное покрытие земного шара, мгновенная съемка обширных акваторий, съемка акваторий сопредельных государств, наивысшая оперативность в получении данных, возможность ежедневного повтора наблюдений, высокое пространственное разрешение (от 1 км до 60 см), получение комплексных и мультисенсорных данных, возможность организации оперативного комплексного мониторинга в любой точке Мирового океана, использование одних и тех же спутниковых данных для решения вспомогательных и дополнительных задач на суше (пожары, наводнения, опустынивание, водные ресурсы), существенно низкая стоимость спутникового мо-

нитинга по сравнению с морскими наблюдениями. Эти методы не лишены и некоторых ограничений и недостатков, которые хорошо известны специалистам.

СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ ДЗЗ

Спутниковый мониторинг прибрежных районов Океана и внутренних морей – важнейший метод контроля их экологического состояния. Он основан на приеме цифровых данных с радиометров, сканеров, спектрометров, радаров, альтиметров, скаттерометров, установленных на различных спутниках (“NOAA”, “Terra”, “Aqua”, “TOPEX/Poseidon”, “Jason-1 и -2”, “GFO”, “Envisat”, “Radarsat-1 и -2”, “ERS-2”, “QuikSCAT”, “Landsat-1–7”, “IRS”, “Komsat-2”, “EROS-A”, “IKONOS”, “SPOT-1–5”, “QuickBird”, “Formosat-2” и многих других) и позволяющих получать информацию о поле температуры поверхности моря, взвеси, концентрации хлорофилла, других оптических характеристиках водной поверхности и суши, нефтяном загрязнении, а также об аномалиях уровня моря, изменчивости течений и скорости ветра с высоким пространственным и временным разрешением.

Более подробную информацию о действующих в настоящее время и планируемых к запуску



Нефтяное загрязнение (черное пятно), распространяющееся на юго-запад от района Нефтяных Камней в Каспийском море (белые точки – нефтяные платформы и суда). Изображение получено 5 сентября 2010 г. радиолокатором ASAR, установленным на ИСЗ “Envisat”. На врезке – ИСЗ “Envisat”. Фото ESA.

ИСЗ ДЗЗ можно найти, например, на интернет-сайтах: NASA (<http://www.nasa.gov/>), ESA (<http://www.esa.int/esaCP/index.html>), CSA (<http://www.ascsa.gc.ca/eng/default.asp>), IOCCG (http://www.ioccg.org/sensors_ioccg.html), SPUTNIK (<http://sputnik.infospace.ru/>), SOVZOND (<http://www.sovzond.ru/>).

НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Радиолокаторы с синтезированной апертурой являются незаменимым

средством для мониторинга нефтяных загрязнений океанов и морей. Анализ получаемой информации позволяет оперативно отслеживать экологическую обстановку акватории, подверженной воздействию стоков различной природы, оценивать площадь и степень ее загрязненности и исследовать физические процессы, определяющие перенос загрязнений по изучаемым акваториям, а иногда и определять виновников нефтяного загрязнения. Возможность обзора в короткие сроки огромных акваторий, а также возможность повторных наблюдений одного и того же региона с небольшим интервалом времени (до 12 ч) делают использование космической информации наиболее дешевым, оперативным и объективным методом

экологического мониторинга морей и океанов.

Нефтяные пленки подавляют короткие гравитационно-капиллярные волны и локально видоизменяют шероховатость морской поверхности. Различия в интенсивности радиолокационного сигнала от поверхностей покрытых пленкой и чистых акваторий позволяют радиолокатору определять нефтяные пятна с высоким пространственным разрешением (8–150 м). Радиолокаторы с синтезированной апертурой имеют преимущества перед оптическими приборами, установленными на самолетах, поскольку дают данные по большой акватории, вне зависимости от облачности и освещенности (день/ночь). Этот тип приборов в настоящее время находится на ИСЗ “Envisat” и “ERS-2” Европейского космического агентства



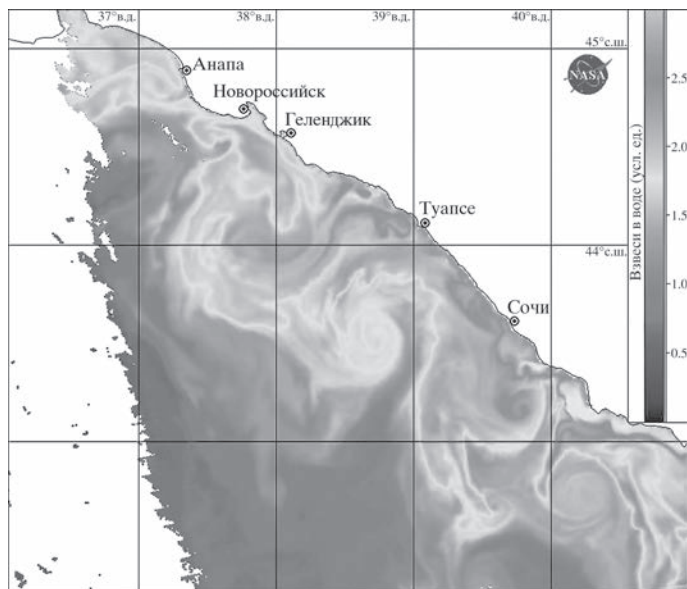
ИСЗ "Terra" (США) – флагман спутниковой системы по мониторингу Земли (EOS), предназначенный для получения комплексных данных об атмосфере, суше и Океане. Рисунок NASA.

и "Radarsat-1 и -2" Канадского космического агентства.

В марте 2002 г. запущен ИСЗ "Envisat" с 10 приборами оперативных систем для мониторинга океанов, льда, суши и атмосферы (Земля и Вселенная, 2003, № 6, с. 83). Спутник имеет 35-суточ-

ный цикл повторяемости пролетов по своим трассам, но благодаря широкой полосе захвата многих приборов он может наблюдать любую точку на поверхности Земли с периодичностью от нескольких часов до нескольких суток. Радиолокатор ASAR (Advanced

Synthetic-Aperture Radar) используется для мониторинга нефтяных пятен и льда на поверхности моря, измерений различных океанских явлений (течений, фронтов, вихрей, внутренних волн), определения местоположения судов, поиска нефтегазовых месторождений и других целей. Активными пользователями этой спутниковой информации являются береговая охрана, национальные агентства по охране окружающей среды, нефтяные, судоходные, рыболовные и страховые компании, а также научные организации.

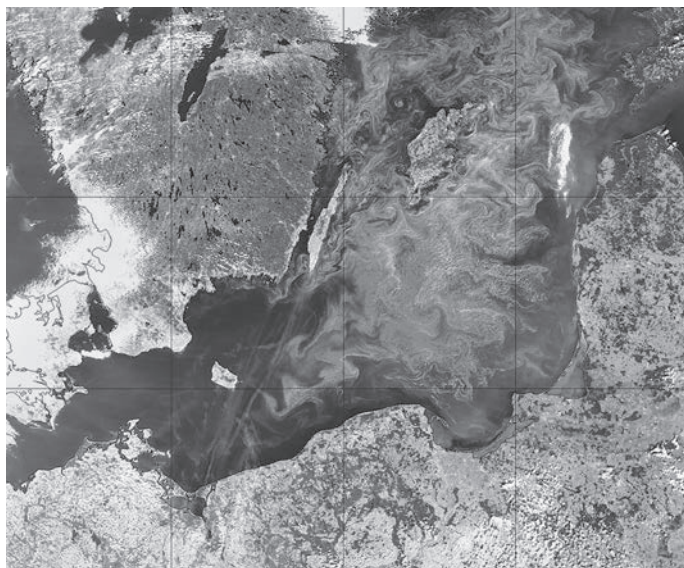


ВЗВЕСЬ И ЦВЕТЕНИЕ ВОД

Помимо нефтяного загрязнения присутствует и загрязнение взвешенными веществами, которые поступают в море в результате производственной деятельности на акватории моря и на берегу – прокладка трубо-

Распределение взвеси (в условных единицах) вдоль российского побережья Черного моря. Снимок получен 2 июня 2009 г. прибором MODIS ИСЗ "Aqua" (США). Фото NASA.

Цветение вод Балтийского моря. Ежегодное цветение сине-зеленых водорослей (цианобактерий) связано с проблемой эвтрофикации вод – переизбытка питательных веществ (азота и фосфора), вызванного городскими сточными водами. Снимок получен 13 июля 2005 г. прибором MODIS ИСЗ “Terra” (США).



проводов, кабелей, дам-пинг, взрывы на дне и т.д. Большое количество взвешенного вещества поступает со стоком рек и в результате выноса вод из заливов. Сильное волнение на мелководье также увеличивает концентрацию взвеси в воде. Все это приводит к вторичному загрязнению, увеличению мутности, снижению фотоактивной радиации, биопродуктивности, изменению структуры популяций, гибели организмов, обитающих на морском дне.

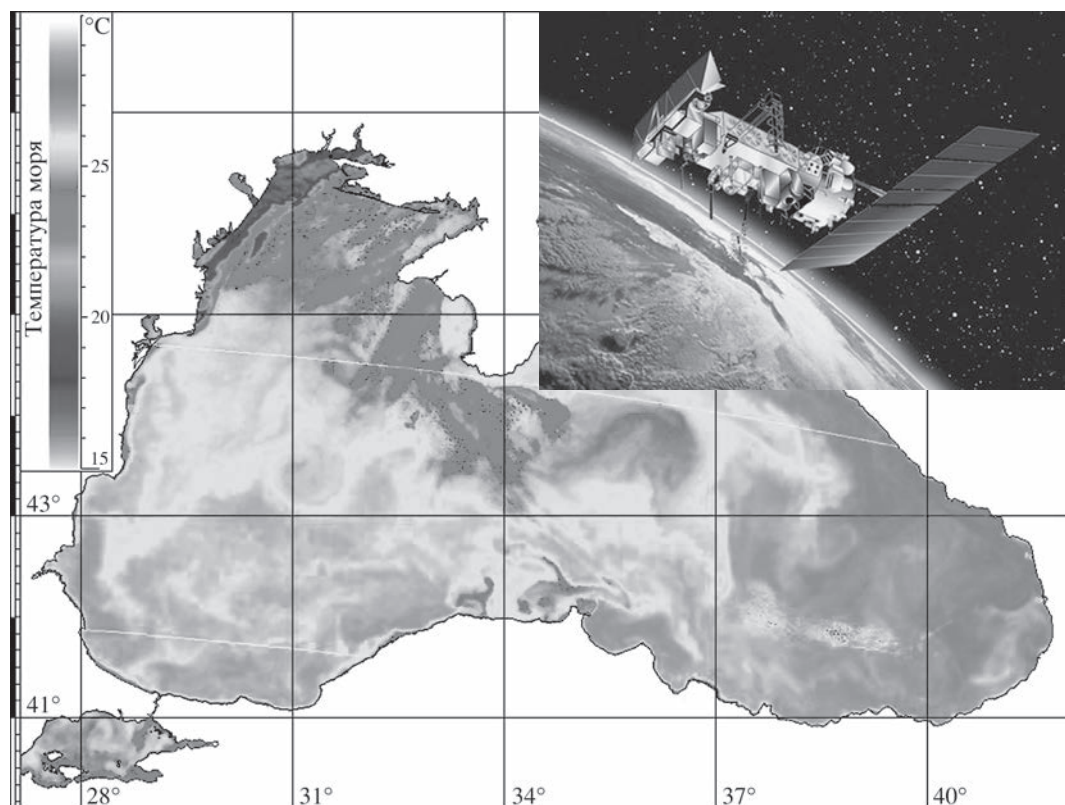
Эвтрофикация (чрезмерное увеличение содержания биогенных элементов) поверхностных вод морей, объясняемая главным образом излишком питательных веществ (фосфора и азота), – важная проблема, которая с каждым годом становится все острее. Следствием эвтрофикации вод является бурное цветение сине-зеленых водорослей (многие из них токсичны), которое с каждым годом охватывает все большие площади Балтийского моря и ста-

ло появляться в Черном и Каспийском морях.

Концентрация хлорофилла, показатель поглощения желтого вещества и показатель рассеяния назад взвешенными частицами – параметры, определяемые со спутников, – дают возможность исследовать пространственную и временную изменчивость трех важнейших компонентов содержащегося в морской воде вещества – фитопланктона, взвеси и окрашенного органического вещества, обнаруживать расположение источников этих веществ, исследовать их распространение и трансформацию от этих источников.

В настоящее время мониторинг распределения взвешенного вещества и цветения вод осуществляется с помощью сканеров MODIS, установленных на ИСЗ “Terra” и “Aqua”, а также

MERIS, установленно-го на “Envisat”. С 1999 г. “Terra” стал флагманом спутниковой системы по мониторингу Земли (EOS), предназначенной для получения комплексных данных об атмосфере (свойства аэрозолей и облаков, профили температуры и водяного пара), суше (изменения в природных ландшафтах, вегетации, снежном покрове и температуре суши) и Океане (температура поверхности, содержание взвеси и хлорофилла). Многофункциональные 36-канальные спектро-радиометры MODIS позволяют получать информацию об оптических свойствах подстилающей поверхности с пространственным разрешением 250, 500 и 1000 м в надире, а также тепловые изображения в ИК-диапазоне с разрешением 1 км. Полоса обзора шириной 2330 км позво-



ляет видеть любую точку на Земле с периодичностью 1–2 суток. Комбинация данных о поле температуры, цвете моря и других оптических свойствах морской поверхности позволяет получать информацию о распределении взвеси, цветении вод, температуры поверхности Океана/моря, а также о полях течений с высоким разрешением путем анимации последовательности спутниковых изображений.

ТЕМПЕРАТУРА И ДИНАМИКА ВОД

Мониторинг мезомасштабной структуры и динамики вод может осу-

ществляться с помощью, например, радиометров AVHRR, установленных на нескольких спутниках серии “NOAA-KLM” или вышеупомянутых спектрорадиометров MODIS. Спутники серии “NOAA” (Национальное управление США по изучению Океана и атмосферы; NOAA, США) являются квази-полярными спутниками. Они оснащены различными инструментами, в частности радиометром AVHRR (усовершенствованный радиометр очень высокого разрешения) с пятью спектральными каналами с пространственным разрешением 1 км и разрешением по температуре 0,1 °C. Радиометр

Поле температуры Черного моря, по данным “NOAA-18”. Неоднородности термического режима, прибрежные течения и вихревые образования в Черном море контролируются спутниками ДЗЗ. Снимок получен 28 августа 2010 г. На врезке – один из спутников серии “NOAA-KLM” (США). Фото NASA.

используется для широкого диапазона задач по мониторингу состояния окружающей среды. С его помощью ученые анализируют и прогнозируют погоду; исследуют и прогнозируют климат; изучают поля температуры поверхности океанов и

Цемесская бухта в Черном море. Более мутные (светлый тон) воды реки Цемесс выносятся на расстояние 10 км в море (длина отрезка). Снимок получен ИСЗ "QuickBird" (США). Фото Google Earth.



морей, а также температуру и влажность атмосферы; занимаются мониторингом динамики вод Океана, извержений вулканов, лесных пожаров, пылевых бурь и уровня вегетации. Дважды в день каждый спутник покрывает любую точку на поверхности земного шара.

Многие из спутниковых приборов высокого пространственного разрешения (0,5–2,5 м) видимого диапазона спектра с успехом могут использоваться для морских исследований, в первую очередь в прибрежной зоне, где высокое пространственное разрешение необходимо из-за сильной пространственной изменчивости процессов или их мелких масштабов, например мелкомасштабных вихрей и течений. Такие приборы, установленные на ИСЗ "EROS-B", "Ikonos" и

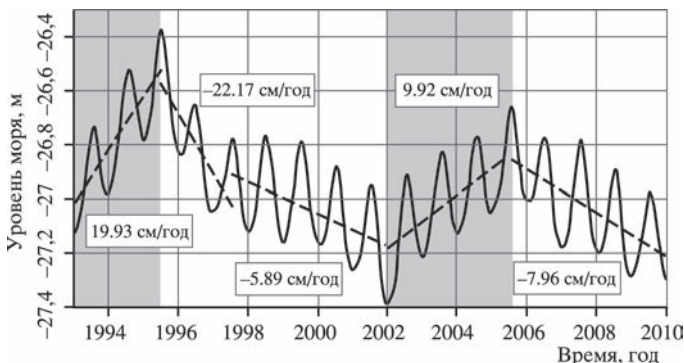
"QuickBird", дают панхроматические изображения морской поверхности или суши с пространственным разрешением лучше 1 м. Данные представленных приборов пре-

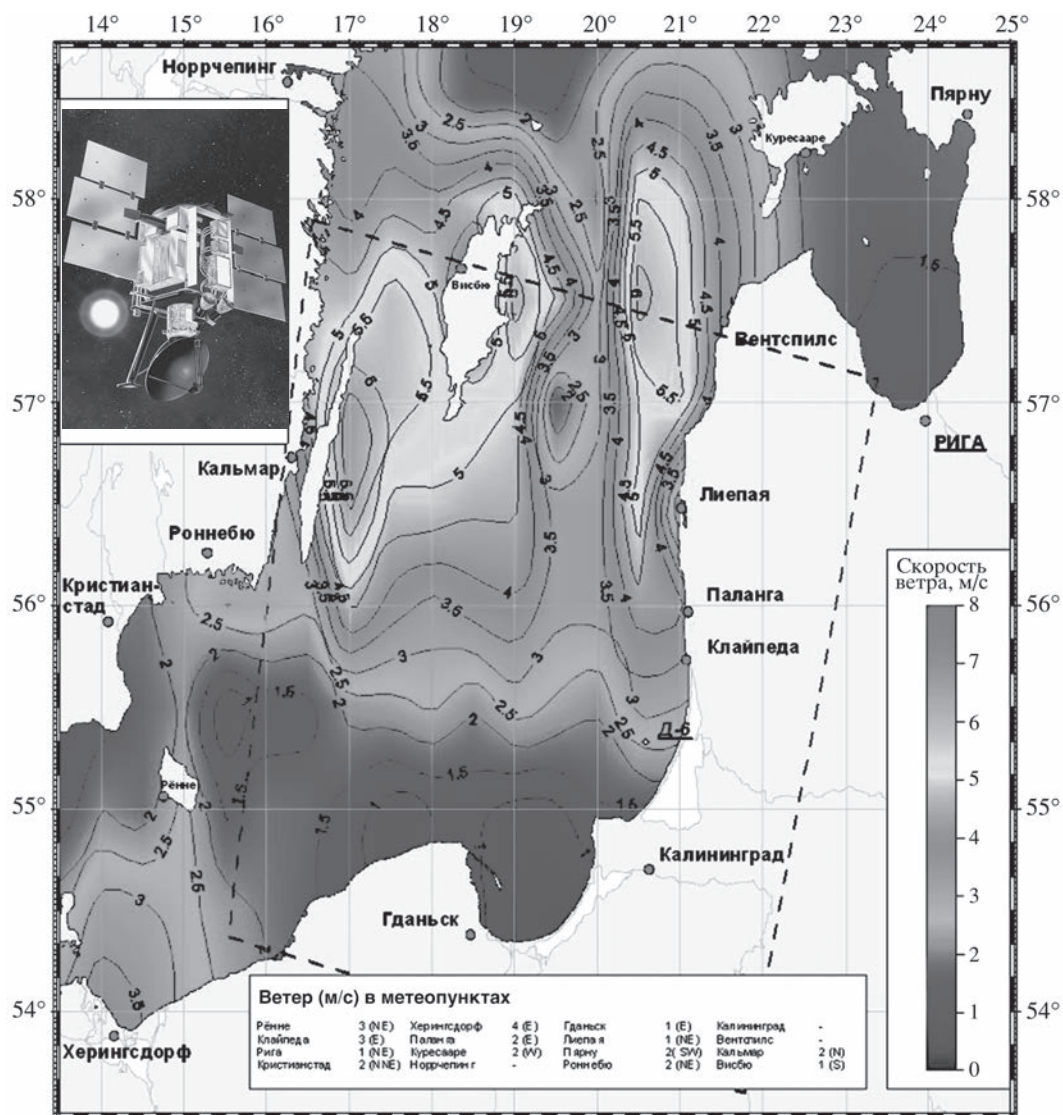
доставляются за плату, размер которой зависит от вида съемки.

Мониторинг уровня океанов и морей, высоты ветровых волн и скорости ветра осуществляется с



Межгодовая изменчивость уровня Каспийского моря, по данным спутников "TOPEX/Poseidon", "Jason-1" и "-2" в 1993–2009 гг. За определенные периоды указана скорость изменения уровня (см/год). На врезке – ИСЗ "Jason-1" (США/Франция). Фото NASA/CNES.





помощью альтиметров, установленных на спутниках "TOPEX/Poseidon", "Jason-1 и -2" и других. Эти системы являются совместным проектом NASA и CNES (Национальный центр космических исследований Франции). Совместная программа США и Франции мониторинга топографии поверхности Океана разраба-

тывалась для решения исключительно океанографических задач: изучение мезомасштабной и крупномасштабной циркуляции океанов и морей, исследование синоптической и климатической изменчивостей уровня океанов и морей и других целей. В июне 2008 г. по этой программе на орбиту был запущен очеред-

Скорость ветра (м/с) в акватории Балтийского моря. Спутники позволяют измерять скорость ветра на акватории морей и океанов, где отсутствуют данные о ветре можно получить только из численных моделей. Снимок получен 11 августа 2004 г. ИСЗ "QuikSCAT" (США). На врезке – ИСЗ "QuikSCAT". Фото NASA.

ной спутник, "Jason-2", главная цель которого – поддержание непрерывности мониторинга уровня Мирового океана, начато ИСЗ "TOPEX/Poseidon" и "Jason-1". Через каждые 10 суток спутник повторяет измерения по заданным трекам с пространственным разрешением 7,5 км. Точность работы альтиметра составляет около 2 см, орбиты – 2 см, расчета высоты волн – 0,4 м, или 10%, а скорости ветра – 1,5 м/с.

Мониторинг приводного ветра на акватории океанов и морей осуществляется с помощью скаттерометра SeaWind, установленного на ИСЗ "QuikSCAT". Принцип скаттерометрии основан на том, что зондирующий радиопульс, направленный под углом к морской поверхности, рассеивается из-за ее шероховатости, обусловленной ветровыми волнами. Таким образом, часть отраженного сигнала, принимаемая радаром, хорошо коррелирует со скоростью приводного ветра. По величине коэффициента обратного рассеяния определяется скорость ветра, а по ее зависимости от азимутального угла (угол между направлением движения и положением оси антенны) – направление ветра. Ширина полосы измерений вдоль трека составляет 1800 км, период обращения – 100,9 мин, продолжительность цикла – 4 сут. Для скат-

терометра SeaWind пространственное разрешение составляет 25 км. Скорость ветра в диапазоне 3–20 м/с рассчитывается с точностью 2 м/с и 10% для скоростей выше 20 м/с, а его направление – с точностью 20° для интервала 3–20 м/с. Данные скаттерометрии "QuikSCAT" позволяют анализировать поле приводного ветра, например, на акватории Балтийского моря дважды в сутки.

АРХИВЫ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

В последние годы с появлением доступных банков глобальной регулярной спутниковой информации и данных реанализа о поле температуры поверхности моря, уровне моря, концентрации хлорофилла, ледовом покрытии, атмосферном давлении, ветре, осадках, влажности, потоках тепла и других гидрометеорологических характеристиках (PODAAC JPL, UT/CSR, NCEP, GSFC NASA, DAAC GSFC), появилась возможность изучения не только сезонной, но и межгодовой изменчивости состояния акваторий морей и океанов, а также суши. Это особенно важно для изучения изменчивости регионального и глобального климата.

Профессиональные базы данных требуют специальной подготовки пользователей спутнико-

вой информации в области специализированного программного обеспечения, знания и умения работать с различными форматами данных. Однако существует множество архивов спутниковой информации и изображений Земли, которые могут быть полезны и для неподготовленных специалистов. Спутниковые архивы можно скачать с интернет-страницы http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?id=22&table=news.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Планируемые наблюдения методами ДЗЗ и развитие спутниковых систем мониторинга чрезвычайно широки. США, Канада, Китай, Индия, Франция, Япония и ESA ежегодно запускают спутники, предназначенные для сбора разнообразной информации о суше, Океане и атмосфере. Спутники, которые завершили срок своей эксплуатации, заменяются на новые, с комплектами более совершенных приборов. Точность и разрешающая способность этих приборов постоянно растет, расширяется и набор параметров, характеризующих состояние окружающей среды, которые могут быть измерены из космоса. США и Европейское космическое агентство открывают для свободного доступа все больше спутниковой информации, платная спутниковая

информация постепенно переводится в разряд бесплатной или цены на нее существенно снижаются. Все большее количество специалистов вовлекается в разработку и осуществление новых международных программ по дистанционному зондированию Земли.

Несмотря на бурный рост потребления спутниковой информации, наиболее эффективная система мониторинга Земли должна базироваться на комплексном использовании спутниковых, авиационных и наземных (морских) видов измерений, а также чис-

ленного моделирования различных процессов, происходящих в окружающей среде. Поэтому совершенствование методов ДЗЗ должно сопровождаться развитием и расширением наземных (морских) средств наблюдений и численных моделей.

Информация

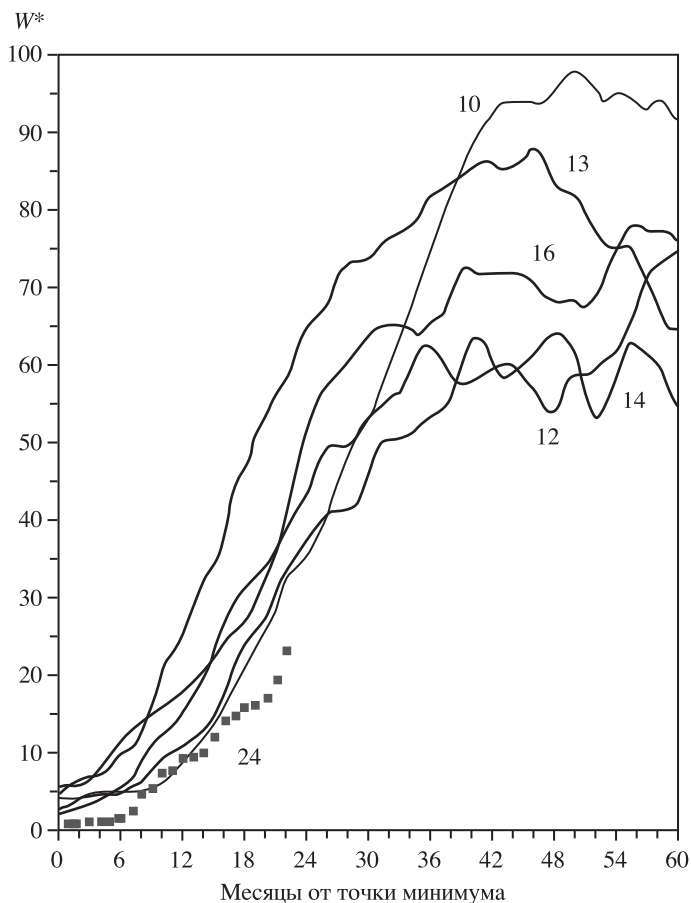
Солнце в апреле – мае 2011 г.

Уровень солнечной активности к концу весны 2011 г., третьего года развития текущего 24-го цикла, продолжал нарастать, формально оставаясь в рамках минимума. Количество групп пятен на видимом диске Солнца в сутки менялось от семи до двух, но в основном за счет групп малого размера. За два месяца на видимом диске Солнца отмечено всего четыре группы средней величины. Из 45 групп солнечных пятен 24 появились в Северном полушарии Солнца и 21 – в Южном. Сглаженные за год значения относительного числа пятен продолжают устойчиво расти, приближаясь к формальному порогу фазы минимума ($W^* \leq 30$).

Среднемесячные значения чисел Вольфа $W_{\text{апр.}} = 54,4$ и $W_{\text{мая}} = 41,6$. Для сравнения: сглажен-

ное значение относительного числа солнечных пятен в октябре – но-

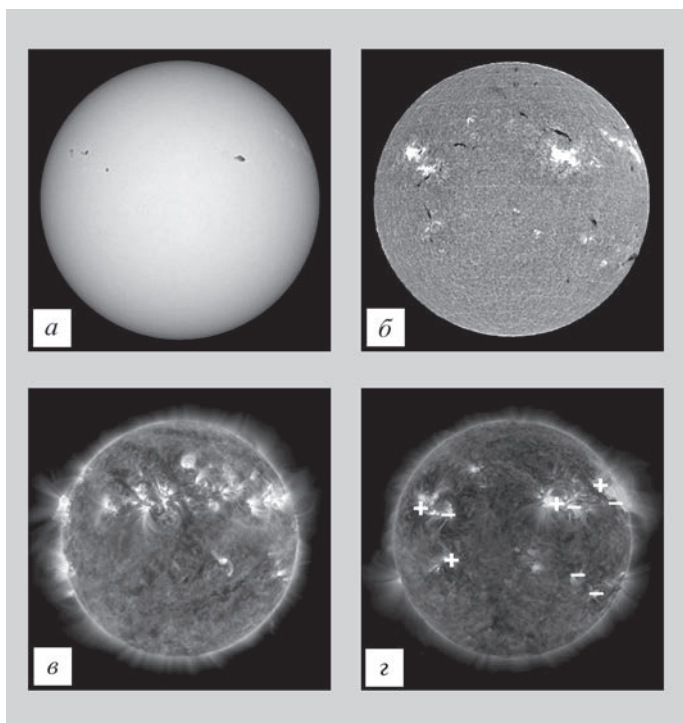
ябре 2010 г. составило $W^* = 23,2$ и $26,5$ соответственно.



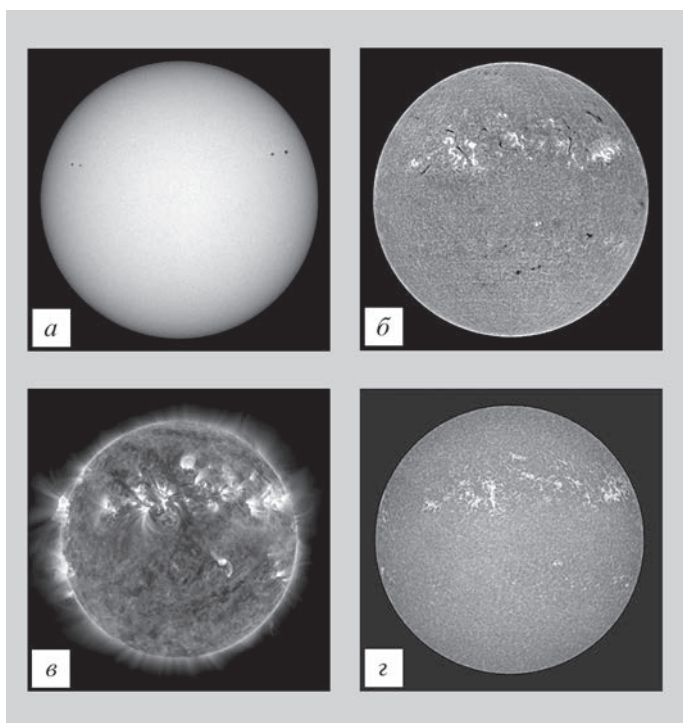
Ход развития (21 месяц) текущего 24-го цикла солнечной активности среди всех достоверных (с 1849 г.) солнечных циклов, начальная фаза развития. W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.

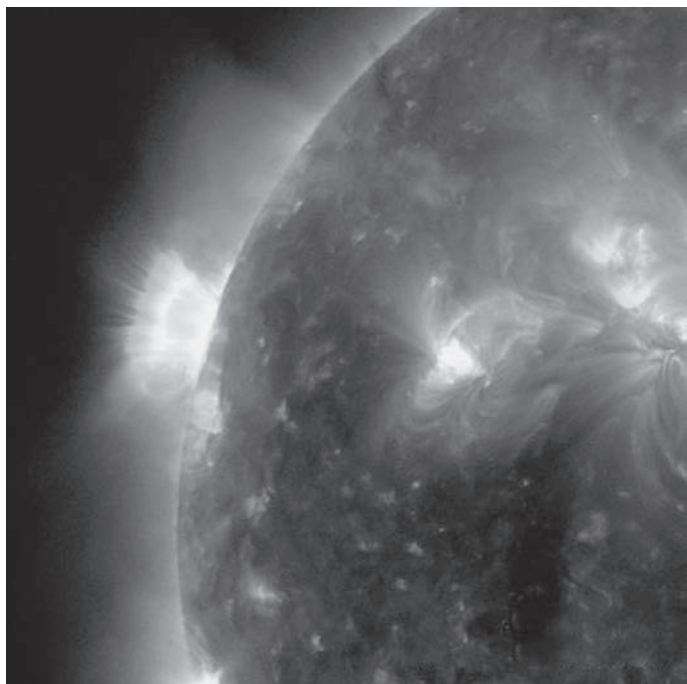
Солнце 15 апреля 2011 г.: а) снимок фотосферы Солнца в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б) в самой сильной водородной линии видимой части солнечного спектра H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в) в линии крайнего ультрафиолета HeII ($\lambda = 304 \text{ \AA}$); г) в линии крайнего ультрафиолета FeXVI ($\lambda = 171 \text{ \AA}$). Знаками + и – обозначены полярности магнитного поля. Космическая “Солнечная динамическая обсерватория” (“SDO”, <http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).

В первой половине **апреля** наблюдался довольно сильный подъем пятнообразовательной активности: на видимом диске постоянно присутствовало до семи групп солнечных пятен, и, кстати, три группы пятен с площадями средней величины наблюдались именно в этот период. Максимум этого всплеска активности пришелся на 12–15 апреля, после чего начался постепенный спад. 23–25 апреля на видимом диске Солнца оставалось не более трех небольших групп пятен. Максимальное за



Солнце 9 мая 2011 г.: а) снимок фотосферы Солнца в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б) в самой сильной водородной линии видимой части солнечного спектра H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в) в области крайнего ультрафиолета ($\lambda = 171 \text{ \AA}$); г) в области ультрафиолета ($\lambda = 1600 \text{ \AA}$). Космическая “Солнечная динамическая обсерватория”.





Вспышка рентгеновского балла C4, возникшая около лимба Солнца 10 мая 2011 г. Синтезированный снимок в трех линиях крайнего ультрафиолета, показывающий колебания температуры в разных частях вспышки (наивысшая – на вершине; <http://www.solarmonitor.org/index.php>).

сутки наблюдаемое число солнечных пятен отмечено **15 апреля ($W = 91$)**, минимальное – 5, 10 и 25 апреля ($W = 40$). Вспышечная активность была на среднем уровне 15 и 22 апреля, в остальные дни – на низком и очень низком уровне. Выброс солнечного волокна наблюдался 5 апреля в активной области вблизи центрального меридиана, но значимого воздействия на околоземное космическое пространство не отмечено, хотя от этого события и зарегистрирована межпланетная ударная волна. Корonoграфы космической

обсерватории “SOHO” отметили более 200 корональных выбросов вещества разной интенсивности, среди которых восемь – типа “частичного гало” (угловая ширина $\geq 90^\circ$). Три рекуррентные (повторяющиеся) корональные дыры проходили видимый диск Солнца в апреле и лишь одна из них – отрог корональной дыры Южного полюса – вызвала 12 апреля в околоземном космическом пространстве малую магнитную бурю. Малая магнитная буря 1–2 апреля была вызвана выбросом волокна 28 марта. Интересное вспышечное

событие наблюдалось 2 апреля, когда очень небольшая вспышка балла SF (рентгеновский класс B8), сопровождавшаяся мощным выбросом коронального вещества, произвела в околоземном космическом пространстве малую магнитную бурю значительной интенсивности. Всего за месяц было отмечено шесть суток с возмущенной геомагнитной обстановкой. В остальные дни месяца геомагнитная обстановка оставалась слабовозмущенной и спокойной. На геостационарных орбитах очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ отмечен в течение шести суток.

В первую декаду **мая** пятнообразовательная активность Солнца держалась на среднем уровне, однако со второй декады началось постепенное, но устойчивое падение уровня активности, и к последней пятидневке месяца на видимом диске Солнца наблюдались только две-три небольшие группы солнечных пятен. 27–29 мая на видимом диске Солнца появилось сразу пять групп пятен, среди которых из-за восточного лимба вышла группа пятен среднего размера. Все группы пятен почти равномерно распределялись по полушариям, однако в первую декаду месяца группы пятен появлялись преимущественно в Северном полушарии, а во второй – в Южном. Максимальное наблюдаемое число

пятен отмечено **30 мая** ($W = 82$), а минимальное – 24 мая ($W = 8$). Две вспышки среднего рентгеновского балла (M1–M4.9) произошли 28–29 мая. Низкая вспышечная активность регистрировалась в течение семи суток, в остальные дни вспышечная активность оставалась на очень низком уровне. В то же время за месяц наблюдалось девять выбросов солнечных волокон, однако восемь из них не оказали значимого влияния на околоземное космическое пространство. Корonoграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали больше 172 корональных выбросов вещества

разной интенсивности, среди которых 10 были типа “частичного гало II” (угловая ширина $\geq 90^\circ$).

Кроме отрога южной приполярной корональной дыры, на видимом диске Солнца наблюдались еще две корональные дыры, и последняя из них, расположенная в Северном полушарии, вызвала 27–29 мая в околоземном космическом пространстве магнитную бурю. В это же время к Земле пришло возмущение от выброса волокна 25 мая, что привело к усилению магнитной бури до уровня умеренной. За весь месяц магнитное поле Земли было возмущенным только четверо суток – 2 и

27–29 мая. В остальное время геомагнитная обстановка была спокойной и слабовозмущенной. На геостационарных орбитах очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ отмечен в первые девять суток месяца и в последние трое суток после магнитной бури.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в Интернете (<http://www.izmiran.ru/services/saf/>). Страница обновляется каждый понедельник.

В.Н. Ишков
ИЗМИРАН

НОВЫЕ КНИГИ

Сборник, посвященный наукам о Земле

В 2011 г. вышел очередной сборник научных трудов “Жизнь Земли” (выпуск 32; под редакцией академика В.А. Садовниченко и профессора А.В. Смурова. М.: МГУ). В сборнике помещены статьи по общетеоретическим проблемам наук о Земле и результаты исследований. Издание посвящено 60-летию основания Музея Землеведения МГУ (Земля и Вселенная, 2011, № 4) и отражает научно-исследовательскую работу сотрудников музея и профильных факультетов Университета.

В сборнике три раздела. В первом, “Геология и геодинамика”, напечатаны работы о строении океанической коры, осадочных бассейнов



и литосферных рифтовых зон, о новых аспектах катастрофизма, о картографировании тектонических структур и вулканизма. Прочитав второй раздел, “Рациональное природопользование и экологическая безопасность”, можно узнать об информаци-

онно-динамических аспектах космического землеведения, возможных методах биоиндикации загрязнений Мирового океана, глобальных экологических процессах, экологических проблемах радиоактивного заражения в геологии, моделях экосистем, антропогенном воздействии на биосферу Земли, подвижках пульсирующих ледников, причинах и следствиях наводнений в России. Третий раздел, “Музеология”, рассказывает о взаимоотношении музея и науки, о проблемах архивации и разработке электронного каталога фондов Музея Землеведения МГУ, о развитии просветительской деятельности.

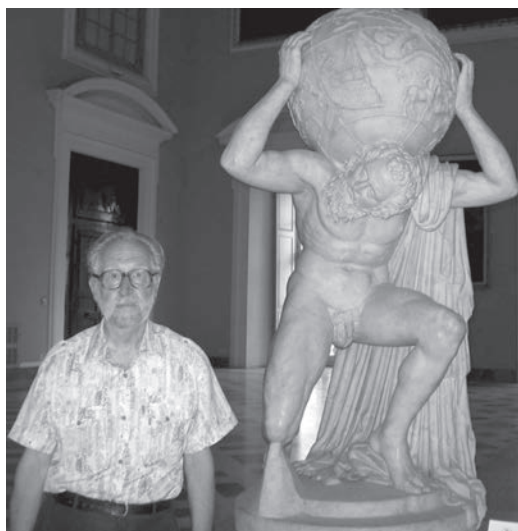
Сборник предназначен для научных сотрудников, работников вузовских и естественнонаучных музеев, всех интересующихся науками о Земле и музееведением.

Археoaстрономическое досье: когда родился Зодиак?

А.А. ГУРШТЕЙН,
доктор физико-математических наук

Когда родился Зодиак? Традиционный ответ не замысловат: двенадцатичленный Зодиак обрел свои черты в Месопотамии в первом тысячелетии до нашей эры. Почему? Да потому, что именно с этого времени 12 созвездий на пути Солнца и Луны впервые упоминаются и получают распространение в месопотамских клинописных текстах. Зодиак возник сразу же как 12-членная система и возник именно тогда, когда о нем появились первые сведения в прочитанных ныне глиняных клинописных табличках. Такая точка зрения получила в западной литературе название Униформистской модели. В русской научной литературе ее отстаивает сегодня сотрудник Института истории естествознания и техники РАН кандидат физико-математических наук Г.Е. Куртик¹.

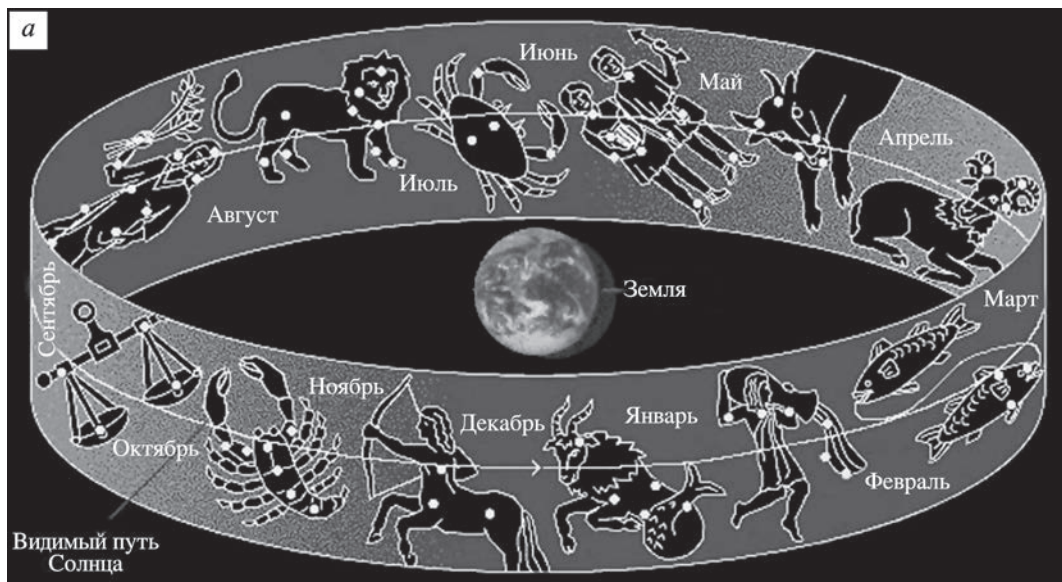
Между тем предпосылки Униформистской модели далеко не так без-



Автор у знаменитой статуи Атласа, поддерживающего небо. Археологический музей в Неаполе. Фото Ольги Воробьевой.

упречны, как это может показаться на первый взгляд. Вдумываясь в ее базисные предпосылки, вы тотчас обнаруживаете вопиющие логические изъяны.

¹ Куртик Г.Е., 1995: История Зодиака согласно клинописным источникам. — М.: Вестник древней истории, 1 (212): 175–188 и ряд последующих публикаций.



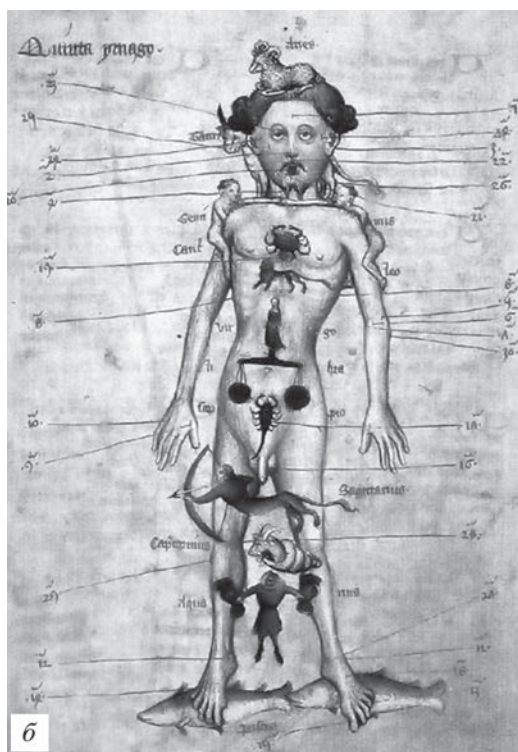
ИЗЪЯНЫ УНИФОРМИСТСКОЙ МОДЕЛИ

Прежде всего, из всемирной истории известно, что сложные системы с большим числом составляющих их элементов, как правило, не рождаются в одночасье. Они проходят долгий путь эволюционного развития от меньшего числа элементов к большему числу элементов. Во-вторых, – и это главное: кто доказал, что первые письменные сведения о Зодиаке появились одновременно с его рождением, а не гораздо позднее?

Рассмотрим аргументы противников Униформистской модели.

Да, в I тыс. до н.э. концепция Зодиака получила распространение в Месопотамии. Клинописные источники о нем разнообразны. Зодиак упоминается в контексте астрономии, астрологии, в храмовом ритуале, в магии, в календаре, в медицине. Ну и что?

Обращаясь к нашим дням, мы ни мину не сомневаемся, что роль письменных источников в современном историческом сознании несоизмеримо больше, чем в древнем. Но даже сегодня, если вы хотите понять, например, детали событий у московского Белого дома в октябре 1993 г., вы не найдете



Двенадцать знаков Зодиака: а) изображение пояса Зодиака, б) рисунок, показывающий размещение знаков в соответствии с их астрологическим влиянием на части тела человека. Иллюстрация из старинной книги.

исчерпывающих письменных свидетельств. Все наличные свидетельства преимущественно “материальные”: это фактические действия противоборствующих сторон. Причина очевидна: многое держалось в тайне и не фиксировалось на бумаге. Письменных источников нет, и это даже в самом что ни на есть современном обществе.

Пример из глубокой древности. В Ветхом Завете сообщается об исходе евреев из Египта, и нет оснований этому не доверять. Параллельно мы имеем сотни египетских записей того же времени, и в них нет ни единого слова об этом событии. По каким-то причинам египетские “письмоводители” не сочли достойным внимания этот факт. Вообще, Ветхий Завет дает много образцов трудностей работы с текстами и сопоставления их с археологическими данными. Чего стоит одна только проблема историчности легендарного законодателя Моисея.

Египетские пирамиды существуют, но ни в одном письменном источнике нет ни слова о том, как, когда и во имя чего их строили. Будто их никогда на свете и не было. История техники в письменных источниках вообще, как правило, не отражена.

Проблема гораздо более обширная, чем астрономия, – одомашнивание лошади. Лошадь была одомашнена и широко использовалась – это факт. Ни в одном письменном источнике об этом событии нет ни единого слова. Этот частный случай отражает общее правило: если какое-либо явление (изобретение языка, письменности и т.д.) началось в дописьменном обществе, его корни не находят освещения в письменных источниках.

Возвращаясь к проблеме Зодиака, укажем на несколько возможных причин, почему в клинописных текстах могла не отразиться его предыстория:

- непредставительность случайной выборки письменных источников. Так

было много столетий с преувеличением роли Греции до прочтения клинописи, когда большинство достижений в разных областях человеческой деятельности выводились из Греции, а не, как теперь это принято, из Месопотамии. В ту пору клинописные месопотамские источники попросту не были известны, то есть греческие тексты оказались непредставительными;

- отсутствие интереса к проблеме. Особенно, если авторами главных идей были иноземцы (зачем описывать заимствования из других культур?);

- слишком узкий круг людей, которые этой проблемой занимались, и отсутствие надобности передавать соответствующие знания друг другу в письменной форме;

- сакральность данного знания;

- табуирование данного знания по ритуальным соображениям;

- отсутствие рефлексии по данной проблеме в связи с ее давно забытыми корнями и т.д.

Одним словом, список причин, по которым сведения о Зодиаке могли не проникать в клинописные источники, отнюдь не мал.

Автор заявляет свою позицию: *вовсе не очевидно, что появление в письменных источниках первых упоминаний о Зодиаке фиксирует момент его рождения*. Письменные источники фиксируют лишь момент появления интереса пишущей братии к данной проблеме. Попробуйте доказать обратное!

То, что Зодиак *засветился* в клинописных письменных источниках – это отнюдь не то же, что он тогда же и возник. Отсюда следует вывод: **отсутствие упоминаний о Зодиаке в ранних письменных источниках не может служить доказательством того, что этот феномен не существовал в жизни древнего общества.**

Униформистской модели рождения Зодиака противостоит разработанная автором около двадцати лет назад Эволюционная модель². Ее предположки следующие:

– 12-членный Зодиак как сложная система не мог родиться сразу, а прошел долгий путь эволюционного развития;

– Зодиак представляет собой систему символов, которые отражают мысли и образы людей в период их введения в обиход;

– история Зодиака может быть выведена из анализа его самого.

Чтобы по достоинству оценить последнее утверждение, обратимся к аналогу, использованному в одной из книг Камилла Фламариона. Он приводит в пример карту Парижа. На заре возникновения города его узкие и кривые улочки назывались по местным приметам: улица Мучеников, Печная, Хлебная, Рыбная улицы. В средневековье и до XVII в. улицы становились длиннее и шире. Их нарекали чаще всего именами святых. В XVIII в. наступил черед особ королевской крови, мореплавателей и ученых. На карте Парижа прослеживаются регулярные смены “моды”. словно волны приливов, наступали периоды названий по именам философов и полководцев, выдающихся государственных мужей и городских чиновников. Из этого примера нетрудно умозаключить, что названия новых объектов – всегда дети своего времени: общественные и политические заботы парижан каждой эпохи находили отражение в названиях улиц растущего города. Насколько можно сегодня судить, то же самое совершенно справедливо и для названий

объектов небесной карты, в частности названий созвездий Зодиака.

Есть другой замечательный пример того, как чисто языковой подход позволяет проследить историю названий, это анализ названий дней недели. Что такое *понедельник*? Лингвистически это день, следующий за *неделей*. А *неделя*? Это день, когда люди ничего не делают (не работают): вторник – второй, среда – средний, четверг – четвертый, пятница – пятый. Суббота – зеркало древнееврейского *шаббата*. Откуда же взялось *воскресенье*? Совершенно очевидно, это *воскрешение Христово*, которое вошло в обиход не ранее принятия на Руси христианства. Но что любопытно: устаревший термин “неделя” не исчез из обихода, а перешел на другое понятие – на всю седмицу. Не важно, что получилась бессмыслица: как сочетается седмица и ничего *неделание*? Никак. Но термин оказался живуч и сохранился. Анализ названий дней недели оказывается продуктивным, если мы рассматриваем их не в отрыве друг от друга, поодиночке, а в их совокупной целостности.

В ПОИСКАХ ЭВОЛЮЦИИ ЗОДИАКА

Примеры примерами, но как всем сказанным воспользоваться применительно к анализу происхождения Зодиака? Давайте сделаем несколько предположений.

Зодиакальный пояс созвездий маркирует дорогу Солнца среди “неподвижных” звезд, к которой очень близки также дороги Луны и планет. На дороге Солнца есть не три, не пять, а четыре особых района: два равноденствия и два солнцестояния. Им соответствуют особые дни года, в средних широтах Земли это дни смены сезонов. Определить эти особые дни года даже для древнейших наблюдателей не представляло трудности.

Из результатов археоастрономических исследований мы знаем, как древнейшие наблюдатели отмечали на горизонте восходы (и/или заходы)

²Гурштейн А.А., 1991: Реконструкция происхождения зодиакальных созвездий. *Историко-астрономические исследования*, 23: М.: Наука, 19–62 и Gurshtein, A.A., 1993: On the Origin of the Zodiacal Constellations, *Vistas in Astronomy*, 36, part 2: 171–190.

ЗОДИАКАЛЬНЫЕ КВАРТЕТЫ В РАЗЛИЧНЫЕ ЭПОХИ ВСЛЕДСТВИЕ ПРЕЦЕССИИ

Ориентировочное время, годы	Весна	Лето	Осень	Зима
.....				
10,800–8,000 до н.э.	Лев	Скорпион	Водолей	Телец
8,000–6,000 до н.э.	Рак	Весы	Козерог	Овен
6,000–4300 до н.э.	Близнецы	Дева	Стрелец	Рыбы
4,300–1,800 до н.э.	Телец	Лев	Скорпион	Водолей
1,800 до н.э. – 1 н.э.	Овен	Рак	Весы	Козерог
1–2,600 н.э.	Рыбы	Близнецы	Дева	Стрелец
2,600–4,500 н.э.	Водолей	Телец	Лев	Скорпион
.....				

Примечание. В левой колонке таблицы указаны ориентировочные хронологические рамки. В четырех последующих колонках – названия четырех зодиакальных созвездий (квартетов), в которых в эти периоды находилось Солнце в дни весны, лета, осени и зимы.

Солнца, видимые из одной и той же фиксированной наблюдательной точки. Дни восхода Солнца в крайних возможных точках горизонта – это дни солнцестояний, восхода в средних точках (точно на востоке) – равноденствий. Хотя из-за ослепляющего солнечного света мы не имеем возможности определить созвездие, в котором Солнце находится непосредственно в данный день, сделать это тоже не трудно. Для этого достаточно заметить созвездие, которое следует за Солнцем вечером после его захода, и созвездие, которое предшествует Солнцу утром до его восхода. Созвездие между ними и будет тем, где сейчас располагается Солнце.

Итак, давайте предположим, что некогда на пути Солнца было введено четыре созвездия-маркера для удобства запоминания четырех особых дней года без выполнения круглогодичных наблюдений восходов и заходов Солнца на горизонте. Сразу же оговоримся, что такие маркеры не были вечными, поскольку дело осложнялось *прецессией*. Явление прецессии меняет положение земной оси в пространстве таким образом, что для земного наблюдателя положение эклиптики (“дороги Солнца”) среди звезд остается практически неизменным, тогда как положения солнцестояний и равноденствий смещаются вдоль эклиптики

как единая жесткая система с периодом около 26 тыс. лет. Это означает, что каждая из четырех особых точек эклиптики находится в пределах одного и того же зодиакального созвездия в среднем где-то около 2 тыс. лет (период в 26 тыс. лет, деленный на 12 зодиакальных созвездий). Разумеется, созвездия имеют различные конфигурации и размеры, и точные расчеты в данном случае невозможны. Но высокая точность для нашей задачи и не нужна. Проведем несложные астрономические выкладки и сведем их результаты в единую таблицу.

Зодиак – небесный пояс, который не имеет на небе ни начала, ни конца. Поэтому по формальным соображениям наша таблица может быть продолжена и вверх, и вниз. Чтобы подчеркнуть это обстоятельство, мы добавили в нее строки с многоточиями, но новые эпохи и в верхней, и в нижней части таблицы не имеют к нашему последующему анализу никакого отношения.

ЗОДИАКАЛЬНЫЕ КВАРТЕТЫ

Наша базовая таблица составлена по астрономическим аргументам (прецессия и четыре сезонных точки эклиптики), и если названия зодиакальных созвездий не несут в себе никакой смысловой нагрузки, то она окажется



Кульτ близнецов в пре-индо-европейской культуре (белая мраморная фигурка двойной богини). Около 5800 лет до н.э. (из Чатал Хююка). Анкара, Турция, Музей анатolianской цивилизации.

случайным, ничего не значащим, хаотическим ассорти языческих этикеток. Но это вовсе не так. Оказывается, что три последовательные строчки Таблицы, выделенные жирным шрифтом, имеют осмысленный и достаточно ярко выраженный символический характер³. Давайте разбираться вместе.

Название “Зодиак” переводится как “круг животных” (по-чешски это название так и звучит – зверокруг). Давным-давно было замечено, что среди 12 зо-

диакальных названий почти половина не относится к миру животных. Среди них есть четыре “человеческих” названия, три из них сосредоточены в антропоморфной строке с датировкой 6 000–4 300 лет до н.э. По собственному опыту знаю, что расшифровка символов – не простое занятие для астронома, и поэтому нам лучше апеллировать к специалистам по дописменной истории человечества. Они тотчас объяснят вам, что все четыре названия являются характерной эмблематикой этой эпохи и принадлежат, скорее всего, к культуре прото-индоевропейцев. Близнецы – это божественные творцы-демиурги, создатели мира. Дева, ко-



Палеолитическая “Венера” с “лунным календарем” в руке. Наскальный рисунок из Дордони (Франция). Высота – 43 см. 22 000–18 000 гг. до н.э. Подобный символ плодородия в конечном счете привел к появлению на небе зодиакального созвездия первого квартета для лета – Девы.

³Gurshtein, A.A., 2005: Did the Pre-Indo-Europeans Influence the Formation of the Western Zodiac? *Journal of Indo-European Studies*, 33, 1/2: 103–150.

нечно же, никакая не девственница, а зрелая женщина – великая богиня плодородия (часто с колосом в руке). Стрелец – охотник, кормилец, старейшина рода. Рыбы – символ воды, нижнего (водного) царства. Все эти символы в изрядных количествах встречаются в изобразительных материалах именно рассматриваемой эпохи. Более того, итальянский историк К. Гроттанелли настаивает, что близнецы, дева и всадник как символы неразрывно сопряжены друг с другом и образуют триединую целостность⁴.

Достаточно чуть-чуть напрячь фантазию, и мы без труда расшифруем символическую нагрузку данного квартета. Природа возрождается весной, а Близнецы в индоевропейском символизме и есть творцы мира⁵. Разве это не подходящий символ для весеннего обновления природы? Разве дающая жизнь богиня плодородия – не подходящий символ для лета? Кого ранит небесный Стрелец? Разве не в этот период года “раненое” силами зла Солнце начинает свое падение в пучину окружающего Землю Мирового океана? Конечно, в отсутствие письменных источников мы не можем строго однозначно трактовать изначальный смысл Стрельца. Это мог быть Охотник, могло быть божество Грома и Молнии, мог быть властный старейшина рода. Но их роднит важное обстоятельство: согласно более поздней мифологии, осень всегда ассоциировалась у людей с демонами зла, стремящимися разрушить природу. Но в дело вступала другая сила, которая спасала мир от уничтожения. Осень – время борьбы добра и зла за продление мирового порядка.

⁴Grottanelli, Cristiano, 1986: Yoked Horses, Twins, and the Powerful Lady: India, Greece, Ireland and Elsewhere, *Journal of Indo-European studies*, 14: 125–152.

⁵Иванов В.В. Дуальные структуры в антропологии: Курс лекций. – М.: Российский Государственный гуманитарный университет, 2008. 332 с.

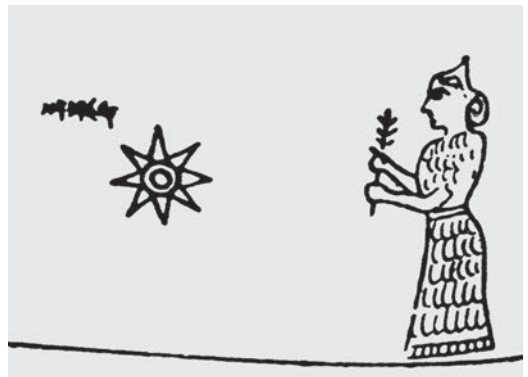
А что же сказать про зиму? Разве не зимой Солнце погружается в “нижнюю” водную стихию? Для зимнего Солнца у древних людей не нашлось антропоморфного символа, и единственным подходящим образом в данном случае для них стали Рыбы.

Вывод: символика этого квартета очень архаична и полностью соответствует своей эпохе. Более того, каждый символ полностью соответствует тому времени года, для которого он употреблен.

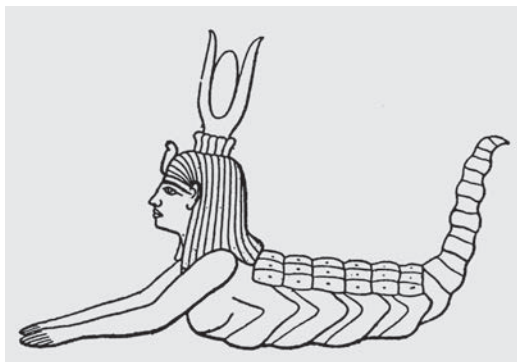
Важно оговориться, что обнаруженная нами четверка символических созвездий была “утоплена” на небе среди других созвездий. Вероятнее всего, она не имела даже специального общего названия. Часть названий могла существовать на небе до их использования в календарных целях или быть приспособленной для новых целей. Но отрицать символическую целостность компании четырех “человеческих” сезонных созвездий вряд ли возможно.

ЕГИПЕТ

Продолжаем рассуждение. Неспешно идет время, и вследствие прецессии четыре сезонные точки эклиптики покидают зодиакальные созвездия пер-



Месопотамская божественная Дева с колосом в руках, подчеркивающим символику плодородия. Персидский период (VI в. до н.э.).



Богиня Селкет (или Серкет) в образе скорпиона – важный элемент египетского солнечного культа. Это эмблема второго зодиакального квартета для осени. Второй и третий квартеты, скорее всего, имеют именно египетское происхождение.

вого из рассмотренных нами кварталов. Это трудный переходный период, занимающий многие столетия. Людям надо было воочию убедиться, что старые маркеры не отвечают своему назначению и необходимо (разумеется, сохраняя традиции и не стирая старые) добавить новые. Их могли заменять не все сразу, а по одному на протяжении веков. Могли вводить новые созвездия или приспосабливать уже существующие. Но рано или поздно переход был осуществлен к четверке с датировкой 4300–1800 лет до н.э. (вторая строка таблицы, выделенная жирным шрифтом). По сравнению с первым кварталом это было сделано в другом регионе и людьми другой культуры. Но результат оказался точно такого же свойства.

Символы квартета 4300–1800 лет до н.э. обильно представлены в Египте эпохи Великих пирамид. Могучий Телец (молодой бык-самец, иногда замещаемый в изобразительном материале его фаллосом) – разве это не полный аналог созидателям-демиургам? Египтяне боготворили быков Аписов, баловали их и хоронили в роскош-

ных саркофагах. Разве Лев – эмблема верховной власти – не прекрасный символ летнего Солнца, достигшего вершины своего ежегодного пути? Скорпион. Осенью этот ядовитый паук жалит сам себя и умирает. Разве это не адекватный символ “угасающего” осеннего Солнца? И, наконец, Водолей – жрец, выполняющий водные ритуалы. Как и в первой четверке, на зиму приходится водная символика.

Второй квартет полностью адекватен символике, распространенной на Ближнем Востоке в III тысячелетии до н.э., – это компания животных. И какая простая мысль здесь напрашивается сама собой: “Зодиаком” был изначально назван только второй квартет. Назван в противовес “кругу людей”, утратившему свое значение первого квартета. Только впоследствии термин был распространен на всю 12-членную систему



Известняковая плитка с изображением львоголового орла на спине быка с человеческим лицом (второй квартет в его месопотамском варианте). Размер 14 × 14 см. Месопотамия, Уль Абайд. 2400–2250 лет до н.э. Музей археологии и антропологии Пенсильванского университета.



Второй зодиакальный квартет в его месопотамском варианте.

Известняковый вкладыш высотой 13,8 см. Сирия, Эбла, дворец G. 2350–2250 лет до н.э. Сирия, Музей Идлиб.

точно так же, как это произошло с термином *неделя*.

МЕСОПОТАМИЯ

В ассирийских дворцах и храмах стояли четыре крылатых колосса – связанные родственными узами “солярные” божества Мардук, Нергал, Нинурта и Набу. Мардук открывал новый год, например, Ниппурского календаря – основного календаря Месопотамии⁶. Новый год начинался с последнего новолуния перед весенним равноденствием. Мардук, среди прочих своих обязанностей – божество весны, и его символом всегда был бык (или теленок). Основная функция Нергала – пра-

витель подземного царства. Но летом в Месопотамии (современный Ирак) царит чудовищная жара – выше +40 °С. Жителям этих мест представлялось, что полчища злых духов и демонов вырвались из-под земли, чтобы мучить их. Вот почему в календарном смысле Нергал оказался покровителем лета. Ему сопутствует постоянный символ – лев. Божество Нинурта (иногда его отождествляют с Нингирсой) славен своими битвами с силами зла, например с монстром Анзудом. Про что это?

Одной из основных функций главных месопотамских богов было составление Таблиц Судьбы. Кто владел ими, тот владел миром. Анзуд задумал захватить власть над миром и похитил эти Таблицы. Нинурта с третьей попытки поборол монстра и вернул Таблицы Судьбы их законному владельцу – верховному богу Энлилю. В этой красочной мифологии отразились мотивы осени.



Это фантастическое существо появляется во многих произведениях ассирийского изобразительного искусства. Оно сочетает в себе все четыре элемента второго зодиакального квартета: быка (передние ноги), льва (задние ноги), человека и орла (крылья), который замещает скорпиона. Те же самые символы появляются в Библии в видении пророка Иезикииля (около 590 г. до н.э.).

⁶ Емельянов В.В. Ниппурский календарь и ранняя история Зодиака. – СПб.: Петербургское Востоковедение, 1999, 272 с.

Мир на грани гибели, но Нинурта предотвращает катастрофу. Он – божество осени, его символ – орел. А какой вид имеет монстр Анзуд? Правильно: он носит черты и лета, и осени – это орел с львиной мордой. Мудрец Набу – писец богов и не имеет никаких звериных атрибутов, он человек и зима. Все, что происходит зимой, неразрывно связано в Ниппурских обрядах с водной стихией.

Месопотамская четверка очень похожа на египетскую с одной только разницей – на месте Скорпиона появляется Орел. Замечу, что из истории астрологии известно, что по своему значению Скорпион астрологически равнозначен Орлу.

Опуская детали аргументации, предполагаю, что второй протозодиакальный квартет был придуман в Египте времени Великих Пирамид, когда там был введен первый в мировой истории солнечный календарь⁷. Для символики осени использовали ядовитого скорпиона, который был чрезвычайно характерен для окружающих долину Нила пустынь. В вавилонском варианте отвратительный скорпион замещен благородным царем птиц – орлом. Человека Набу в этом варианте окружают три “царя” природы: телец (бык), лев и орел.

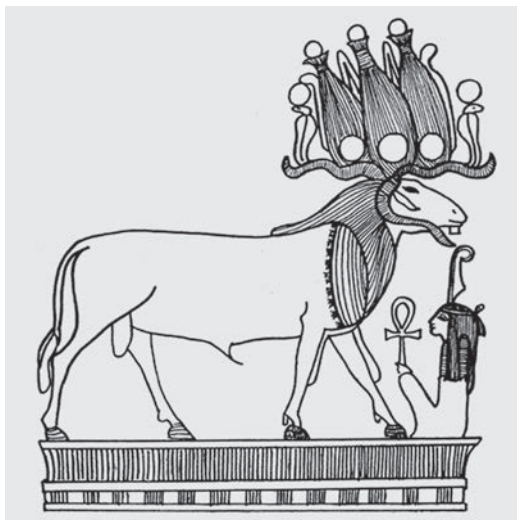
В дальнейшем вавилонский вариант второго квартета широко распространяется среди исторических памятников. Во время вавилонского пленения его видит на небе еврейский пророк Иезикииль. Его видение подробно описано в тексте Пятикнижия (древнейшая часть Библии). Известны многочисленные изображения херувимов – существ с теми же четырьмя составными частями, которые видел Иезикииль. Та же четверка присутствовала в Шумере и Аккаде задолго до статуй в ассирийских дворцах. В раскопках мы имеем несколько изображений: орел с львиной мордой сидит на спине быка с че-

ловечьей головой. Получается кольцо, которое полностью соответствует чередованию сезонов: телец – лев – орел – человек. Возраст таких изображений – около 2,5 тыс. лет до н.э. Неужели все это можно списать лишь на случайные совпадения?

ТРЕТИЙ КВАРТЕТ

Снова проходит время, и снова из-за прецессии созвездия-маркеры второй четверки утрачивают свой смысл. Они не стираются в памяти искушенных наблюдателей, но новым поколениям астрономов-звездочетов вновь приходится шаг за шагом вводить новые символы (период 1800 лет до н.э. – I в. н.э.). На этот раз они трудятся в условиях развитой письменности, и их мышление уже не столько символическое, сколько аллегорическое. И вновь все “этикетки” сезонов отвечают и своей эпохе, и временам года, к которым они приписаны.

Овен – традиционный библейский символ жертвенного божественного агнца, связанный с весной. Рак – алле-



Египетский Овен, который в эпоху Нового царства был включен в поклонение великому солнечному богу Амону. В третьем зодиакальном квартете он символизирует весну.

⁷Гурштейн А.А. Великие пирамиды Египта как святилища в память рождения Зодиака: Анализ астрономических свидетельств. М.: Доклады РАН, 1996, **348**, 3: 331–335.

горический символ попятного движения: Солнце достигло вершины своего движения и начало сползать вниз. Весы – единственное созвездие, история которого достоверно известна из письменных источников. Оно было образовано путем ампутации на небе клешней Скорпиона специально для того, чтобы обозначить осеннее равноденствие. Весы – символ осеннего “уравновешивания” продолжительности дня и ночи. Наконец, Козерог – козел с рыбьим хвостом. Удивительное дело, в третий раз подряд символика зимы связана с водной стихией.

Ни одна строчка нашей таблицы выше выделенных жирным шрифтом и ниже выделенных жирным шрифтом не имеет никакого символического содержания. Это бессодержательный набор “этикеток”. И только три выделенные строки читаются осмысленно.

Вот мы и оказались на развилке. Одна возможность, вслед за Г.Е. Куртиком, воскликнуть, что все сказанное нам приснилось. Никакой символической нагрузки положения зодиакальных созвездий на небе и их названия не несли. Все написанное нами выше не более чем беспочвенное фантазерство. Быть может, за открытыми нами связями кроются серьезные причины, требующие объяснения?

Подобные развилки неоднократно случались в истории науки. Так, в начале XX в. Альфред Вегенер обратил внимание на очевидное сходство береговых линий континентов по обе стороны Атлантического океана. Он сделал вывод о рождении океана путем дрейфа континентов друг от друга. Его обвинили в непрофессионализме и подвергли ostracism. Однако сегодня все энциклопедии мира квалифицируют Вегенера как величайшего геофизика современности, а имена его хулителей преданы забвению.

Не пытайтесь закрыть глаза на очевидное, даже если оно кажется невероятным. Мы признаем реальностью обнаруженные свойства приведенной

выше таблицы квартетов, то есть Эволюционную модель происхождения и развития Зодиака.

ВОССТАНАВЛИВАЯ ХРОНИКУ СОБЫТИЙ

Антропологи уверены, что человек биологически современного типа вышел на историческую сцену в процессе перехода от среднего к верхнему палеолиту 35–40 тыс. лет назад. Вероятнее всего, это имело место на бескрайних просторах Евразии, однако остается открытым вопрос, произошло это в одной точке или в нескольких местах сразу – полицентрически⁸.

Становление современного человека сопровождалось значимыми изменениями в его сознании. Специалисты по дописьменной истории собрали неопровержимые свидетельства, что истоки астрономической практики древнейших людей относятся к верхнему палеолиту (Ориньякский период). Не исключена и более древняя датировка средним палеолитом (Мустьерский период). Основными доводами служат захоронения и различные формы палеолитических меток на стенах пещер и костях животных. Начиная с Мустьерского периода, захоронения преднамеренно ориентируются по странам света. Такая ориентация возможна лишь в результате астрономических наблюдений.

В отличие от животных древний человек уже на очень ранней стадии своего развития дополнил чисто биологические инстинкты некоторой культурной надстройкой. Он овладел речью – великим средством общения и социальной памяти. Человек приобщился к графике: в условиях отсутствия письменности она служила важным инструментом социальной памяти⁹. Язык и

⁸Fagan, Brian M. (Ed.) The Oxford Companion to Archaeology. New York, Oxford: Oxford University Press, 1996.

⁹Фролов Б.А. Первобытная графика Европы. М.: Наука, 1992.



Близнецы это или нет? Двуголовая богиня из Гомолавы на реке Сава в Воеводине. Культура Винча, середина V тысячелетия до н.э.

наскальные рисунки исследуются сегодня как отголоски ментальных достижений наших отдаленных предков. Приобщившись к языку и графике, будущие властители природы добавили к своей картине мира первобытную религию. Они населили Землю духами и сверхъестественными существами – божествами. Они возвысили эти фантомы над собой в переносном и прямом смысле, поместив их на небо.

Формирование культурной надстройки включало в себя явление, которое справедливо назвать *протонаукой*. Из всех точных наук астрономия имеет наиболее глубокие корни. Со своего зачаточного состояния познание природы носило, в числе прочего, характер утилитарного средства для

выживания. Небо указывало путь кочевникам-охотникам Верхнего Палеолита среди ледяных полей, лесов и пустынь. Растущий и убывающий “месяц” служил для счета дней и ночей. Астрономические сведения имели три важнейшие функции: топографическая навигация, счет времени (календарь) и мировоззренческая визуализация накопленных знаний.

Все указанные события значительно предшествовали *Неолитической революции*. То была прелюдия к последующей адаптации растений и животных. Для простоты мы можем сказать, что одомашниванию злаков и животных предшествовало “одомашнивание” окружающей человека среды и неба. События на Земле слишком непредсказуемы и турбулентны. Извергаются огнедышащие вулканы, земля уходит из-под ног при землетрясениях. На равнинах бушуют ураганы и случаются наводнения. Разве доступно было древнему человеку уложить все это в стройную логическую систему?

Совсем иное дело на небе, где за редкими исключениями события упорядочены: регулярны смены дня и ночи, фаз Луны, смены сезонов, отраженные в облике звездного неба – все это можно упорядочить и запомнить. И использовать для предсказаний. Древняя протонаука подпитывалась не столько жизненным опытом на турбулентной Земле, сколько накоплением знаний о небе. “Одомашнивание” неба стало для древних людей неотъемлемой частью одомашнивания окружающего их мира. Небо служило им “путеводителем” к познанию природы, и никакой альтернативы этому не было. На каком бы континенте Земли ни находились древние люди, они все жили под одним и тем же небесным сводом, внимали этому общему “путеводителю” и выросли одними и теми же путями.

Общий небесный “путеводитель” формировал общие мировоззренческие взгляды. Он сообщал древним людям, что мир имеет четыре угла, или, если



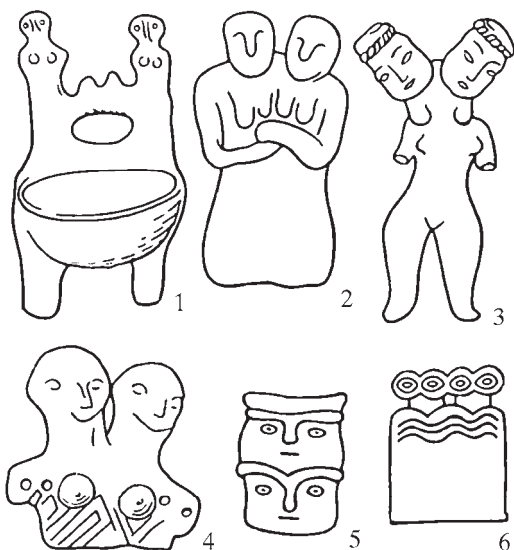
Божества в виде рыб из придунайского поселения Лепинский Вир, датируемые пятым тысячелетием до нашей эры (возраст первого зодиакального квартета). Это одно из веских доказательств, что подобная символика была действительно распространена в рассматриваемую эпоху.

хотите, что он возведен на четырех колоннах, располагающихся в астрономически определяемых точках севера, юга, востока и запада. Такое открытие стало краеугольным камнем для пространственной ориентации. В качестве средства “одомашнивания” неба на нем были определены первые несколько созвездий, предположительно группы по семь характерных звезд.

В разных регионах Земли несколько в разное время произошел великий переход человека от кочевого к оседлому образу жизни. Вслед за великим австралийским археологом Чайлдом этот переход называли Неолитической революцией. До Неолитической революции человек кормился, как говорит американская поговорка, “из рук в рот”: что приобрел, то и съел. Холодильников для хранения пищи у него не было. Консервировать пищу он не умел. Неолитическая революция заключалась в понимании, что лучше не охотиться и собирать дикорастущие растения, а одомашнить животных и злаки. В этом случае пища заготавливается рядом с

домом впрок. Захотел поесть, не надо спешить на охоту: достаточно забить домашнее животное. Неолитическая революция – наиболее значительный шаг в формировании современного человека: переход от присваивающей экономики к производящей экономике. Она началась предположительно на Ближнем Востоке и продолжалась с 8300/8000 до 3700/3500 лет до н.э. Обратившись к земледелию и скотоводству, человек нашел себя в полной зависимости от сезонов солнечного года. При новых обстоятельствах лунный календарь устарел. Новый стиль жизни потребовал глубже вникнуть в особенности годичного движения Солнца на фоне звезд. Создание солнечного сельскохозяйственного календаря встало на повестку дня.

Установление годового движения Солнца стало возможным введением на его пути четырех созвездий, которые



Различные виды изображений Близнецов из русского варианта книги Ариеля Гола-на “Миф и символ” (Иерусалим – Москва, 1994): 1 – Украина (IV тыс. до н.э.), 2 – Малая Азия (VII тыс. до н.э.), 3 – доколумбовая Америка, 4 – Румыния (V тыс. до н.э.), 5 – Чечен-итца (I в. н.э.), 6 – Северная Месопотамия (эпоха неолита).

работали как “иконки” на экране компьютера. Эти символы отмечали сезоны солнечного года. Конфигурации и положения уже существовавших созвездий не меняли без достаточных оснований, а в случае необходимости подгоняли под новые нужды. Названия новых маркеров либо оставались прежними, либо “редактировались”, чтобы метафорически отвечать новым задачам. Все символы первого квартета отражали чудеса матери-Природы и как таковые служили характеристикой общества еще до заметного социального расслоения. Датировка по прецессии дает для этого квартета V тысячелетие до н.э. Это особенный период ближневосточной дописьменной истории – внезапный подъем сельского хозяйства и городских культур. Таким образом, никого не должно удивлять, что появление признаков солнечного календаря приходится именно на это время.

Хорошо известно, что до Неолитической революции основой календаря были лунные фазы. Диск Луны служил в качестве циферблата лунного календаря, вывешенного на небе на всеобщее обозрение¹⁰. Неолитическая революция с ее сельскохозяйственной дея-

тельностью заставила человека обратить самое пристальное внимание на предсказание наступления сезонов солнечного года. Она потребовала введения той или иной формы солнечного календаря. Отсюда интерес к годичному движению Солнца среди звезд, то есть к Зодиаку. Автор хочет подчеркнуть, что полученная им по прецессии датировка первого зодиакального квартета вовсе не случайна, а тесно сопрягается с историческими реалиями. Первые созвездия-маркеры на пути Солнца появились в VI–V тыс. до н.э., то есть вскоре после Неолитической революции. Первые созвездия Зодиака изначально вводились как средство создания солнечного календаря.

Таким образом, хронологическая привязка первых этапов Эволюционной модели оказалась исторически оправданной. Толчком к введению первого прото-зодиакального квартета послужило развитие земледелия. А далее события развивались по тому же проверенному сценарию. На смену первому квартету пришли второй и третий. Тут-то и возникла замечательная мысль объединить 12 сезонных “этикеток” в единый ряд по числу месяцев солнечного года.

Не вдаваясь в подробности, отмечу, что вторая четверка, скорее всего, была создана в Египте в эпоху Великих Пирамид, а третья – в Египте в эпоху царствования фараона-еретика Эхнатона. Но это уже другая тема.

¹⁰ Marchack, Alexander. *The Roots of Civilization*. N.Y: McGraw-Hill. 2nd ed., 1972. *The Roots of Civilizations: the cognitive beginning of man's first art, symbol and notation*. Mount Kisco, NY: Moyer Bell, 1991.

Томас Райт

(К 300-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

С именем английского астронома Томаса Райта (1711–1786) в истории астрономии прежде всего связывают рождение гипотезы “островных вселенных”, а до недавнего времени с ним же связывали первое объяснение Млечного Пути как изолированной уплощенной системы звезд. Имя Т. Райта впервые получило мировую известность благодаря И. Канту,

который на основе его космологии развил свою знаменитую теорию иерархической островной Вселенной (1755). Но только в XX в. английским историком астрономии М.А. Хоскином было открыто иное и оригинальное решение задачи, которую Т. Райт считал для себя главной, – объяснение явления Млечного Пути.



ЖИЗНЕННЫЙ ПУТЬ

Томас Райт родился 22 сентября 1711 г. в деревне Байерс Грин недалеко от г. Дарема в одноименном графстве на северо-востоке Англии. Его отец, выходец из старинного, но обедневшего рода, был мелким землевладельцем и зарабатывал на жизнь еще и ремеслом плотника (в семье было четверо детей, Томас был третьим сыном). В возрасте шести лет его отдали в частную, а через три года в приходскую школу соседнего г. Окленда. Из-за дефекта речи (сильного заикания, что, впрочем, не помешало ему в дальнейшем проявить себя блестящим лектором – явное свидетельство сильной воли!) он не мог окончить школу и продолжил обучение частным образом у своего учителя и наставника Томаса Манди. Именно этому талантливому педагогу он был обязан своим приобретением к математике и астрономии.

В ранней юности Томас перепробовал разные занятия, был подмастерьем у часовых дел мастера в приходе Окленда, побывал моряком. Занявшись более серьезно самообразова-

Томас Райт (1711–1786). Портрет из соч. “Clavis Coelestis”. Хранится в библиотеке университета в г. Дарем (Hetherington. “Thomas Wright of Durham” // Journ. Brit. astron. Ass. 1973. Vol. 84, N 1, 16–21, p. 17).

нием – не только астрономией, но также математикой и навигацией – он в 19 лет открыл в портовом г. Сандерленде собственную школу, где стал преподавать морякам математику и навигацию. Одновременно он начал проявлять себя как талантливый вычислитель – составил астрономические календари для долготы Дарема на 1732 г. и 1733 г. Но жизнь Райта была нелегкой, пока в 1733 г. он не был приглашен на службу к местному священнику Дэниэлу Ньюкому, у которого стал жить и который ввел его в круги местной аристократии. По приглашению графа Сандерленда Т. Райт переезжает в Лондон, где с большим успехом преподает математику и астрономии “благородным леди” и читает публичные лекции. Одновременно он занимался и хозяйственной деятельностью – был управляющим имениями, межевал земли, планировал сады.

Не оставляет Томас Райт и занятия астрономией. Еще в Сандерленде он опубликовал свои предвычисления затмения Солнца на май 1733 г.; рассчитал наступление двух лунных затмений в 1736 г. и солнечного – в 1737 г. Изобретенный им “математический инструмент” для использования в морской навигации – “Rannauticon”¹ (1734) вместе с опубликованным путеводителем к нему – “Универсальным сборником по мореходной астрономии” получает одобрение Адмиралтейства Великобритании и Лондонского Королевского общества. (Сам король с подачи одного из высокопоставленных патронов Райта благосклонно дает разрешение автору посвятить это изобретение своей особе.) Томас выполняет заказ на стенные солнечные часы для Сандерленда. Его оригинальное изобретение – солнечные часы-календарь – показывали не только время, но и моменты восходов и заходов, высоту, азимут и склонение Солнца и даже место его в зодиаке. Разнообразные таланты Райта обес-

печивали ему благополучную жизнь и в Лондоне на временной службе то у одного, то у другого патрона, позволяя заниматься в то же время любимой наукой – астрономией и получать поддержку при издании своих книг.

Известность Т. Райта выросла настолько, что в 1742 г. русская императрица Елизавета пригласила его в Санкт-Петербургскую академию наук на должность профессора навигации. Но Райт отказался (вместо предложенного ему жалованья в 300 фунтов стерлингов в год он просил 500, и дело расстроилось).

Научные интересы Райта не ограничивались астрономией. В 1746 г. он уезжает на год в Ирландию для изучения ее древней истории (его книга об этом вышла двумя изданиями, в 1748 г. и 1758 г.). Райт проявил себя и талантливым архитектором, большую известность получило его сочинение “Универсальная архитектура” (1755). В 1755 г. Райт вернулся в родные места. В Байерс Грин он выкупил родительский дом у старшего брата и к 1759 г. построил на его месте виллу по своему проекту. В течение нескольких лет он продолжал совершать поездки и вести преподавательскую деятельность, но с 1762 г. окончательно уединился в своем поместье. В последние годы жизни Т. Райт оказался забытым, хотя все еще занимался астрономией и к 1771 г. написал продолжение своей теории Вселенной. В 1780 г., в весьма преклонном возрасте, Райт начал строить башню для своей обсерватории, но не дожидаясь окончания ее строительства. Она осталась незавершенной. В 1950 г. на ней была установлена мемориальная доска к 200-летию *Теории Вселенной* Райта. Скончался Томас Райт на 75-м году жизни 25 февраля 1786 г. там же, где и родился, и был похоронен в церкви Св. Андрея в г. Окленд.

НА ПУТИ САМООБРАЗОВАНИЯ

Научные знания Т. Райт приобрел в основном самообразованием. Источниками знаний для него стали труды его

¹ Прибор не сохранился. Известно, что он состоял из нескольких кругов и, очевидно, служил для ориентации в морском плавании.



Башня обсерватории Т. Райта: а) авторский проект 1780 г. (по ст. Hoskin, Thomas Wright and the Royal Society // Journ. for the Hist. of Astron. V. 23. Part 3. 1992, 167–172, p. 170); б) вид башни в 1973 г. (по ст. Hetherington, 1973, p. 20).

старших современников: первого последователя И. Ньютона У. Уистона; астронома В. Дэрхема, автора первых сочинений о туманностях; астронома и предшественника Ньютона в изобретении рефлектора Дж. Грегори и других. Особую роль в образовании Райта сыграли труды самого Ньютона и знаменитый “Космотеорос” Х. Гюйгенса (1698; в английском переводе 1722 г. – “Открытые Небесные Миры”).

Мировоззрение Т. Райта формировалось в переломную эпоху. Гелиоцентрическая революция, победно завершенная открытием всемирного тяготения, в полной мере показала силу естествознания, коренным образом изменив астрономическую картину мира. Но и

религия (раньше других западноевропейская), утратив свою геоцентрическую опору, проявила приспособляемость к новой ситуации, резко поменяв свои догмы и найдя новую опору в самом всемирном тяготении. В новой астрономии вставали вопросы о причине удивительной упорядоченности Солнечной системы, ее устойчивости, а также о сохранении всей звездной вселенной от падения звезд друг на друга под действием взаимного тяготения. Сам Ньютон не нашел ничего лучшего, как провозгласить неизбежную роль руководящей “руки Бога” в сохранении нашей конечной планетной системы. Вместе с тем Ньютон предложил естественнонаучное объяснение длитель-

ного существования гравитирующей звездной вселенной, сделав вывод о ее бесконечности. В этой бесконечной вселенной теологи должны были определить, где же теперь место блаженным и грешникам, и даже крупнейшие космологи эпохи состязались в своих фантазиях на этом новом поприще.

Космологические сочинения первых ньютонианцев оказываются пронизанными идеями упорядочивающей силы Бога. Его могущество в новой картине мира представлялось еще более впечатляющим. После Коперника и возрождения идей бесконечной звездной вселенной Николая Кузанского, мощно развитых в концепции множественности обитаемых миров Джордано Бруно; после “Бесед” о том же Бернара Фонтенеля Космос воспринимался сплошь заселенным, и католическая церковь не преминула (в отличие от времен суда над Д. Бруно) и в этом увидеть проявление божьей мудрости. Так, Уистон провозглашает существование невидимых мест во Вселенной, которую называет “Домом Божьим”, у него благородные духи обитают близ ее центра. Грешников он отправляет на край Солнечной системы на кометах (явно под воздействием первой опознанной Э. Галлеем периодической кометы 1680 г. с ее чудовищным, по его оценкам, периодом в 575 лет и соответствующим удалением от Солнца²). По В. Дэрхему, ад, напротив, находится в Солнце (в солнечном пекле!) – центре Мироздания, вокруг него движется Земля; далее огромное число звезд, за пределами которых находится Престол Бога. Райт использовал и такие образы и символы, как “Глаз Вечности”, “Бездна Темного Мира”, почерпнутые в сочинениях английского алхимика и мистика Р. Флудда и германского мистика Я. Бёме, популярных в Лондоне в начале XVIII в.

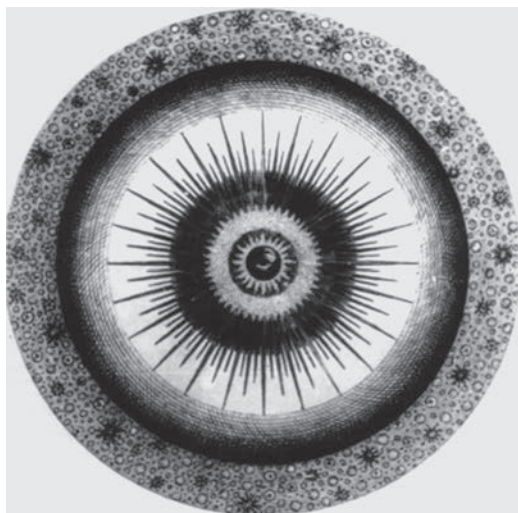
² Предшественницы знаменитой “кометы Галлея” 1682 г. Кстати, в XIX в. астроном-теоретик И.Ф. Энке подтвердил периодический характер кометы 1680 г., увеличив в своих расчетах ее период до 8814 лет.

Само постулирование во Вселенной двух полюсов – рая и ада – порождало представление, что заключенная между ними материальная звездная вселенная конечна. В такой вселенной, как писал Уистон в 1717 г., только чудо могло спасти “неподвижные” (но теперь взаимно притягивающиеся) звезды от сближения и падения друг на друга, если только они не вращаются одни вокруг других. (А уже в следующем году Э. Галлей открыл собственное движение звезд.) Такова была обстановка в астрономии, когда на это поприще вступил Райт, с самого начала проявивший интерес к проблеме общего устройства Мироздания.

АСТРОНОМ И КОСМОЛОГ

От популяризации к науке. Человечество своей эпохи, Т. Райт также видел в красоте и порядке устройства Вселенной проявление могущества Бога. Цель своих исканий в астрономии он определил еще в 1729 г., записав в своем юношеском дневнике: *“Я задумал отыскать идеи о Божестве и Мироздании, чтобы определить место Творца в Мироздании и объединить естественное со сверхъестественным”*. В своих ранних популярных лекциях по астрономии в 1730-е гг. Райт преследовал, прежде всего, морально-просветительские цели. Он разделял Вселенную на три части. Ее центр он представлял и как физический центр тяготения, и одновременно как “священный престол” или даже “око Бога”, источник самих законов природы. Близ него концентрически располагалась область “рая”, далее – обширная материальная, заполненная звездами сфера – “бездна времени, или область смертных”, а за ее пределами царство “тьмы и отчаяния”, то есть ад. Таким образом, перед нами уже новая картина Вселенной, в которой Солнечная система оказывается удаленной от ее центра!

Первое, как и последнее, космологические сочинения Райта (1734, 1771) остались в рукописях и стали известны лишь в XX в. благодаря М. Хоскину.



Центральное сечение нашей звездной Вселенной (1750. Письмо 7, с. 64, Plate XXV).

В 1742 г. Т. Райт опубликовал два своих астрономических сочинения: учебник *“Физические и математические элементы астрономии и “Clavis Coelestis”* (*“Ключи небес”*), изложение основных представлений о Космосе с большим историческим введением. В 1750 г. увидела свет его *“Оригинальная теория, или новая гипотеза Вселенной, основанная на законах природы и объясняющая с помощью математических принципов основные явления видимого творения”*.

Главный труд Т. Райта (1750). Написанный в традиционной тогда эпистолярной форме он составлен из девяти писем к другу. Первые два письма содержат обширный исторический материал. Райт цитирует классиков астрономии и космологии нового времени – Д. Бруно, Х. Гюйгенса, И. Ньютона, В. Дэрхема, Дж. Грегори, а также поэта и мыслителя XVII в. Джона Мильтона и поэта-философа, своего старшего современника, Эдуарда Юнга. В итоге Райт отмечает два фундамен-

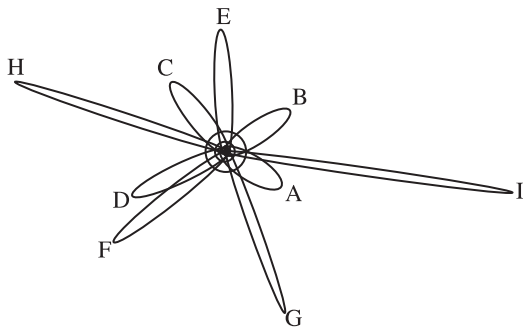
тальных мировоззренческих положения, внедрившихся к началу XVIII в. в астрономическую картину мира и даже проникших в философскую поэзию – признание тождества природы Солнца и звезд как раскаленных шаров из огненной материи и убеждение в множественности планетных и даже обитаемых систем вокруг других звезд. Он отмечает важность развития нового математического аппарата (от геометрии до дифференциального исчисления), о преимуществах знаний, роли предшественников, в том числе и их заблуждений, и дает сжатый обзор пути развития умоизобразительных представлений о строении Вселенной.

Новая картина Солнечной системы. В описании нашей планетной системы Райт первым использовал включение в нее комет (Галлей и Ньютон, 1687; Галлей, 1705). В сочинении Райта 1750 г. Солнечная система впервые была представлена как *планетно-кометная* система. Ее размеры особенно возрастали за счет знаменитой *“Большой кометы 1680 г.”* (сыгравшей особую стимулирующую роль не только в кометной астрономии, но и в космогонии). Построенная Э. Галлеем эллиптическая орбита этой кометы оказывалась чудовищно вытянутой, в перигелии почти царапающей Солнце, а в афелии удаляющейся в 14,4 раза дальше крайней тогда планеты Сатурна, как писал об этом Райт, то есть почти на 150 а.е. На столько же отдалялась и граница Солнечной системы. Включение в нее Райтом вновь открывавшихся периодических комет существенно изменяло и форму системы, превращая ее в многопестковую. Эта новая картина Солнечной системы прочно вошла в общую теорию Вселенной Райта со множеством таких планетно-кометных систем. Оценивая общее число в нашей Вселенной *“первичных”* (больших) планет и *“вторичных”* (спутников) в сотни миллионов, он замечает, что *“это еще за исключением комет, которые я считаю наиболее многочисленной частью*

Творения (Вселенной)”³. Райт дает волю своей фантазии в описании, как мы сказали бы теперь, экзопланетных систем, пытаясь оценить их населенность, возможные физические условия и уровень развития их обитателей. Так, он допускает, что из-за большей плотности атмосферы на некоторых тамошние жители могут передвигаться даже... “на крылатых повозках”.

Звездная Вселенная Райта и проблема Млечного Пути. В картине звездного небосвода, которую видит вокруг себя житель Земли, тысячелетиями существовала необъяснимая загадка – узкая туманная полоса Млечного Пути. Блеск звезд, как считал Райт, зависел исключительно от их удаленности. Таким образом, в его сферическом слое “смертных”) далекие звезды должны бы сливаться в сплошное бледное сияние по всему небосводу! Проблема Млечного Пути становится для Райта едва ли не главной. Ей в сочинении 1750 г. посвящены письма 5-е, 6-е и в особенности 7-е.

В первом из них он замечает, что Млечный Путь “все еще продолжает оставаться мало известным, даже в тот век, когда астрономия кичится своим полным совершенством”. В шестом письме Райт обсуждает общую проблему распределения звезд в пространстве. По мнению Райта, если упорядочены тела меньшего ранга – планеты и спутники, то следует ожидать того же и в мире звезд. Из открытия Галлеем собственных движений у трех звезд Райт делает вывод, что “все звезды находятся или могут находиться в движении”. В конце этого письма Райт напоминает, что наибольшее значение для мира звезд имеет действие “метательной, или центробежной, силы, которая удерживает их на орбитах, пред-

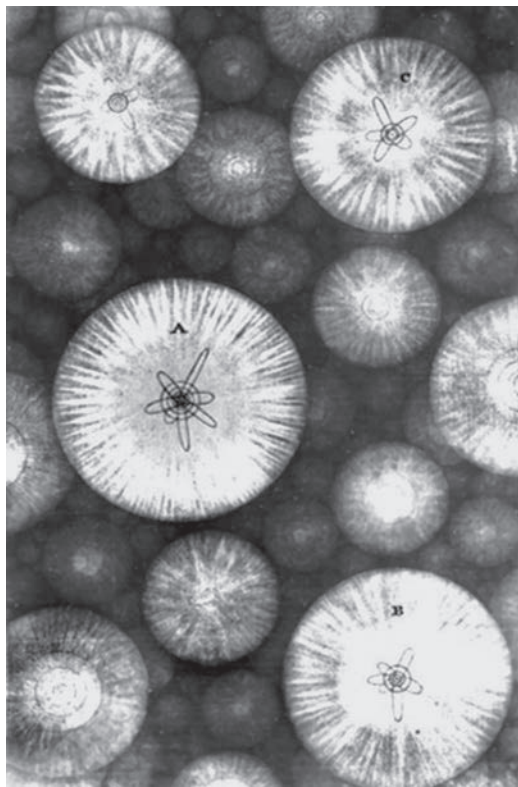


Солнечная планетно-кометная система, по Райту: буквами обозначены орбиты первых установленных периодических (или считавшихся таковыми) комет. Буквой I – орбита “Большой кометы 1680 г.” (зд. из соч. Wright. *An Original Theory or New Hypothesis of the Universe...*, 1750, 66 pp. Письмо 3, с. 20/21, Plate V).

отвращая их от падения друг на друга по общему закону притяжения, которому они должны подчиняться”. При этом Райт логически заключает, что и Солнце должно иметь свое орбитальное движение.

Объяснение Млечного Пути как локального зрительного эффекта в общей структуре звездной вселенной. В седьмом письме изложены итоговые идеи Райта, снимающие противоречие между принятой им общей сферической (в виде толстого сферического слоя) формой наблюдаемой звездной Вселенной и явлением сравнительно узкой полосы Млечного Пути, звездный состав которого стал, по словам Райта, фактом после Галилея. Для снятия этого противоречия Райт выдвигает идею об особой слоистой структуре звездной Вселенной. Он предполагает, что звезды в ней сосредоточены в сравнительно тонких сферических слоях, окружающих центр Вселенной, в одном из которых расположено и Солнце. Тогда картина Млечного Пути возникает потому, что наблюдатель, находящийся в толще такого слоя и смотрящий в направлении вдоль него (по касательной к нему), будет видеть отдаленные его части в форме туманного светящегося кольца вокруг себя, а в направ-

³ Такое представление совпадает с выводом, сделанным в новой теории “Реликтового резервуара кометных тел Солнечной системы” (выдвинута и развита Ф.А. Цициным с сотрудниками в 90-е гг. XX в.; полностью опубликована в его монографии 2009 г.).



Множественность планетно-кометных систем, по Т. Райту. Обозначения: А – Солнечная система; В – система Сириуса; С – система Ригеля (1750. Письмо 6, с. 51/52, Plate XVII).

лении, перпендикулярном слою, увидит “пустоту” и лишь более близкие, а потому широко разбросанные по небу звезды. Таким образом, явление Млечного Пути, по Райту, создается далекими звездами не всей звездной Вселенной, а ее элемента – фрагмента тонкого сферического слоя, в котором находится наша Солнечная система.

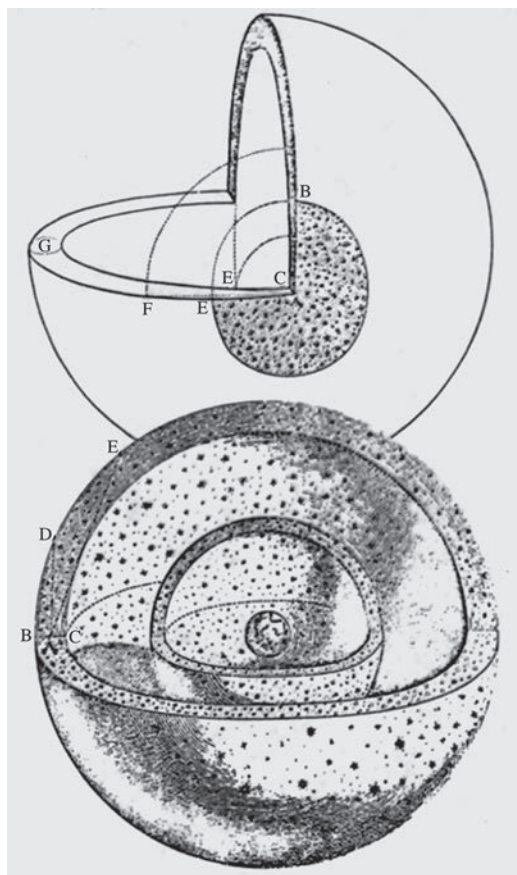
В том же письме Райт рассмотрел и второй возможный вариант объяснения явления Млечного Пути, при котором звезды располагались бы вокруг “божественного центра” кольцом и как бы повторяли в больших масштабах систему Сатурна. В такой Вселенной звезды, по представлению Райта, двигались бы в кольцевой зоне подобно “частям,

составляющим кольцо Сатурна”. Он допускает структуру звездной вселенной из многих таких звездных кольцевых слоев вокруг общего их центра. Райт неоднократно подчеркивает, что звезды в таких системах будут обращаться вокруг общего центра звездной вселенной, двигаясь либо в любых направлениях в пределах своего сферического слоя, либо – в случае кольцевых структур – их движения будут подобны движению планет вдоль эллиптики.

Нельзя не видеть, что вторая модель звездной вселенной Райта рисовала ее в целом как явно уплощенную физическую систему, но с божественным, хотя одновременно и физическим, не доступным наблюдению центром. Однако Млечный Путь и в той, и в другой модели рассматривался лишь как локальный зрительный эффект при наблюдении из толщи любого сферического или кольцевого слоя и никоим образом не отражал общую структуру звездной вселенной.

Теория островных вселенных Райта и его общеполитический вывод из космологии.

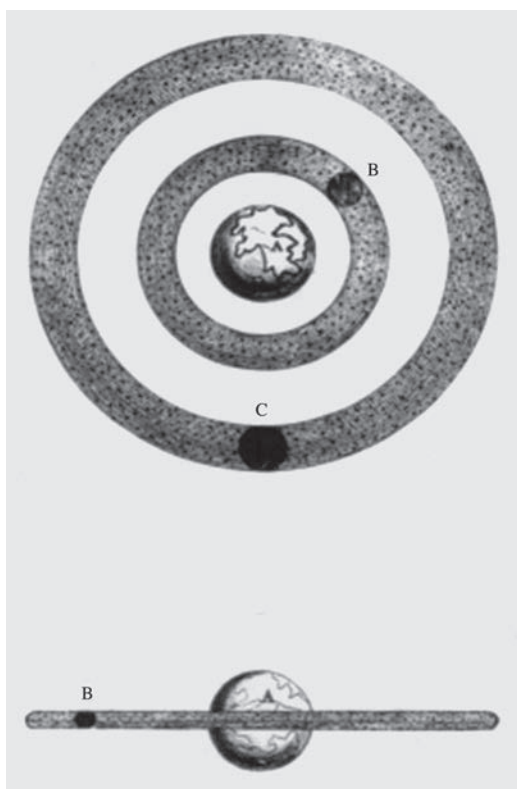
В последнем, девятом письме (*Размышления, связанные с Бессмертием Души и касающиеся Бесконечности и Вечности*) Райт описывает мыслимые планетные системы вокруг других звезд. И только на предпоследней странице всего сочинения он возвращается к космологии. Исходя из творческой активности Создателя, Райт делает вывод: “... мы можем заключить о бесконечности и о бесконечной активной силе; и поскольку видимое Мироздание, как предполагается, полно звездных Систем и Планетарных миров, таким же образом, в подобной же манере, бесконечная Неограниченность представляет собой неограниченное собрание Мирозданий, мало чем отличающихся от известной Вселенной”. Наблюдательное обоснование этой своей теолого-космологической идее Райт дает в заключительном абзаце сочинения 1750 г.: “То, что это, по всей вероятности, может соответствовать действительности, до не-



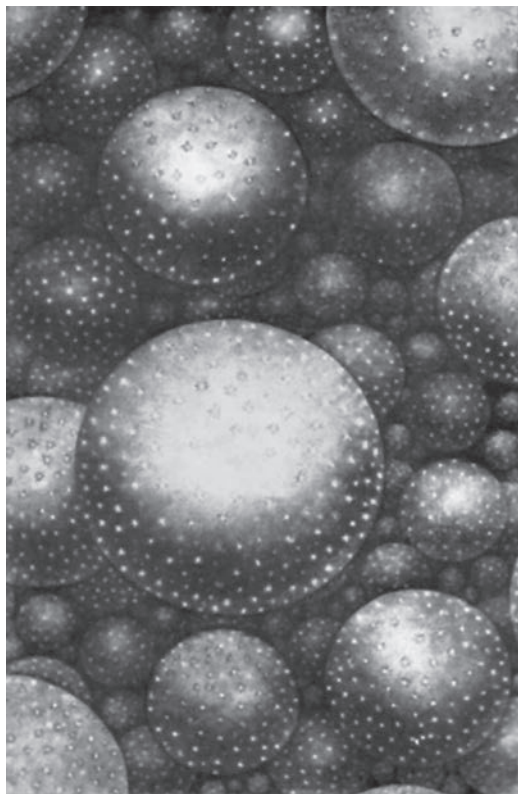
Сечения звездных сферических слоев нашей Вселенной, по Т. Райту. Направления BD, BE демонстрируют различное число звезд, видимое наблюдателем изнутри слоя в этих направлениях, вызывающее явление Млечного Пути (1750. Письмо 7, с. 64, Plate XXVII).

которой степени делается очевидным из наличия многих облачных пятен, которые мы видим вне пределов наших звездных областей и в которых сквозь видимые светящиеся пространства не удастся различить ни одной звезды и ни одного особого строения тела; по всей вероятности они все могут быть внешним Творением, гранича с известным [нашим Мирозданием], но слишком далекими, чтобы достичь их даже с помощью наших телескопов”.

В картине множества звездных вселенных каждая из них, по Райту, имеет свой “божественный центр”. Нарушить равноправие среди подобных “центров” в рамках религиозного мировоззрения было недопустимо, и поэтому у Райта не могла возникнуть мысль о том, чтобы распространить идею иерархического устройства мира планет и спутников на звездную Вселенную. Так мировоззрение не позволило родиться ценной научной идее. Возможно, именно оно стало преградой перед Райтом и на пути осознания, что Млечный Путь может быть зрительным эффектом всей нашей звездной Вселенной. Не исключено, что Райту не позволило объеди-



Сатурнообразная модель нашей звездной Вселенной, по Т. Райту. Области В и С показывают размеры видимой звездной вселенной. Более далекие звезды слоя должны слиться в полосу Млечного Пути (1750. Письмо 7, с. 65, Plate XXIX).



Островные вселенные Т. Райта (1750. Письмо 9, с. 83, Plate XXXI).

нить его плоскую модель Вселенной из колец и картину Млечного Пути именно наличие в его модели Божественного центра. Для Райта эта область была в принципе не наблюдаемой, нематериальной, “сквозь” которую нельзя было увидеть противоположную сторону Вселенной, то есть получить эффект целого кольца Млечного Пути.

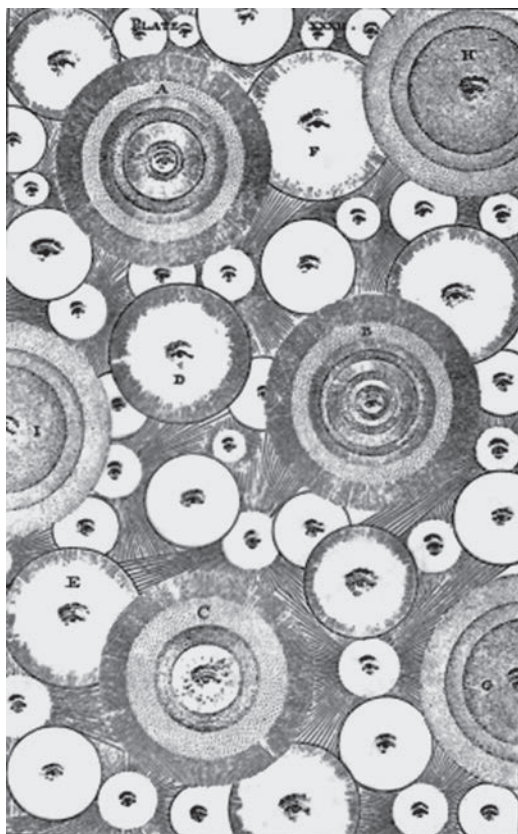
Теория Райта и счастливая ошибка Канта. Полный текст сочинения Т. Райта 1750 г. остался неизвестен первому его последователю в космологии И. Канту. Ознакомившись с идеями Райта по краткому их изложению в Гамбургском журнале “Freye Urtheile” (“Свободные мнения”, 1751), Кант отождествил Млечный Путь (правильно, но не по Райту!) с изолированной звездной системой. Эту счаст-

ливую историческую ошибку Канта и описал М. Хоскин в 1970 г. Но внимательное ознакомление с теорией Вселенной Райта наводит на мысль: так ли уж ошибался Кант? Будущий знаменитый философ, а тогда в большей степени естествоиспытатель, намеренный дать естественнонаучное объяснение окружающего мира, Кант сознательно отбросил теологическое толкование законов Вселенной и у Ньютона, и у Райта. Он воспринял лишь подлинно ценные идеи Райта-астронома и космолога: *конечность* (изолированность в пространстве) *нашей звездной Вселенной*; *упорядоченность* ее звезд и их – по аналогии с планетами – *обращение* вокруг центра этой Вселенной; наконец, *множественность* таких *звездных вселенных*, наблюдаемых как туманности. Поэтому Кант предпочел вторую, плоскую модель звездной Вселенной Райта, в виде кольца, которая более соответствовала преобладанию эллипсоидальных млечных туманностей, подтверждавших идею их вращения (идея П.Л.М. де Мопертюи, 1742). Удалив из кольца божественный центр, Кант получил модель сплошной дискообразной звездной системы, проявляющейся в картине Млечного Пути (на это обращает внимание М. Хоскин). Избавленная от религиозного ограничения теория Райта была легко дополнена новой идеей – иерархичности структуры Вселенной в целом, которую провозгласили независимо И. Кант (1755) и И.Г. Ламберт (1761), экстраполировав на звездную Вселенную принцип устройства Солнечной системы. В правильной общей картине Галактики Канта, как самостоятельной звездной системы, однако, оказались утраченными две важные идеи Райта: *нецентральное положение* в звездной Вселенной *наблюдателя* (иначе говоря, Солнечной системы), а также *идея о слоистой внутренней структуре* звездной Вселенной.

О продолжении “Теории Вселенной” Райта (1771). Длительное затворничество Т. Райта имело негативные последствия. В его рукописях обнару-

жилося составленное им продолжение *Теории Вселенной* под именем “Дополнительные или особые Мысли о теории Вселенной”. Оно было опубликовано М.А. Хоскином (1968). Форма та же – три письма к другу. Но содержание!.. Лучше бы этим рукописям затеряться, поскольку в них налицо нечто, свидетельствующее о полном “затмении”, которое порой постигает даже самые светлые умы. Райт, увлекшись старой (и небезынтересной самой по себе!) теорией Э. Галлея об особом внутреннем строении Земли как причине вулканизма (о наличии у Земли внутреннего ядра, погруженного в расплавленный слой магмы под земной корой), неожиданно переносит эту картину на... Космос. У него появляется *твердый* (!) небосвод, усеянный вулканами (это и есть звезды!), а Млечный Путь превращен в море огня – из огнедышащих космических гор! Кометы вырываются из небесных вулканов и падают на Солнце, доставляя ему горячее... Но, как гласит мудрый афоризм одного американского писателя, “значение ученого определяется не числом его ошибок, а важностью того, в чем он оказался прав”. Научный вклад Райта определяется его теорией 1750 г.

Подлинная теория Вселенной Райта в памяти потомков. Первым вспомнил об идее слоистой структуры нашей звездной Вселенной спустя столетие А. Гумбольдт в своем “Космосе” (1850 г., кстати, вскоре после открытия в 1845 г. спиральной структуры у млечных туманностей В. Парсонсом!). Напомнив об измерениях звездной Вселенной В. Гершелем, А. Гумбольдт, однако, уже отождествляет такую Вселенную с Млечным Путем: “...тогда открылся закон возрастающего, с приближением к Млечному пути, обилия звезд, и с этим законом пробудилась [!.. – Курсив А.Е.]; идея о существовании больших концентрических звезд и наполненных миллионами разделенный Млечный путь” (“Космос”, т. 3, рус. пер. 1853, с. 131. – Разр. А.Г.). Описывая дальнейшие наблюдения



Теологическая трактовка картины островных вселенных у Т. Райта. Различными буквами обозначены различные типы строения островных вселенных (1750. Письмо 9, с. 83, Plate XXXII).

строения Млечного Пути Дж. Гершелем, А. Гумбольдт писал: “Новейшие наблюдения подтверждают гипотезу о системе концентрических колец, расположенных одно за другим...”. Более того, он добавляет, что его [Дж. Гершеля] наблюдения привели “к замечательным мнениям и вероятным результатам о виде млечной системы колец и о том, что смело называют местом (разр. А.Г.) солнца в мировом острове, к которому принадлежит та система колец. Место, назначаемое солнцу, удалено от центра” (там же, с. 160. – Курсив А.Е.). При этом упоминается имя Томаса Райта (которого русский пере-

водчик превратил в “Фому Урайта”!). Здесь Райт в своей умозрительной гипотезе оказался ранним предшественником Х. Шепли, который, основываясь на новых наблюдениях, наконец, решил проблему определения истинного центра Галактики (1918). В итоге было окончательно установлено наше нецентральное положение в Галактике, избавившее астрономическую картину мира от многовековой наблюдательной иллюзии “антропоцентризма”.

Возвращаясь к масштабам Солнечной системы, можно добавить ко всему сказанному и то, что Т. Райт впервые представил ее как планетно-кометную, то есть значительно большей по масштабам, распространив этот образ и на другие, выражаясь современным языком, “экзопланетные” системы. Провидческим оказался и вывод Райта о спутниковом составе колец Сатурна.

ЭПИЛОГ

Томас Райт первым на основе ньютоновской физической гравитационной картины мира создал гипотетическую модель устройства нашей звездной Вселенной как изолированной в пространстве системы сложной структуры из концентрических сферических или кольцевых достаточно тонких звездных слоев (предтеча спиральных ветвей?). Устойчивое существование такой системы, по Райту, обеспечивалось движением звезд вокруг ее центра (либо “эклиптикальным”, в концентрических кольцах, либо упорядоченным лишь в масштабах сферических слоев, при допущении беспорядочного движения звезд внутри слоя). Из этого следует, что именно Райт стоял у истоков “галактической астрономии”, изучающей

структуру и свойства нашей местной системы звезд, причем более сложной структуры, чем та, которую воспринял Кант (и даже, можно сказать, предопределившей наличие у нее сферической и плоской составляющих, как и спиральных ветвей...). После работ В. Гершеля, вдохновленного Райтом и начавшего наблюдательное исследование мира туманностей, Райт вошел в историю астрономии как автор теории “островных вселенных”, став, таким образом, предтечей внегалактической астрономии!

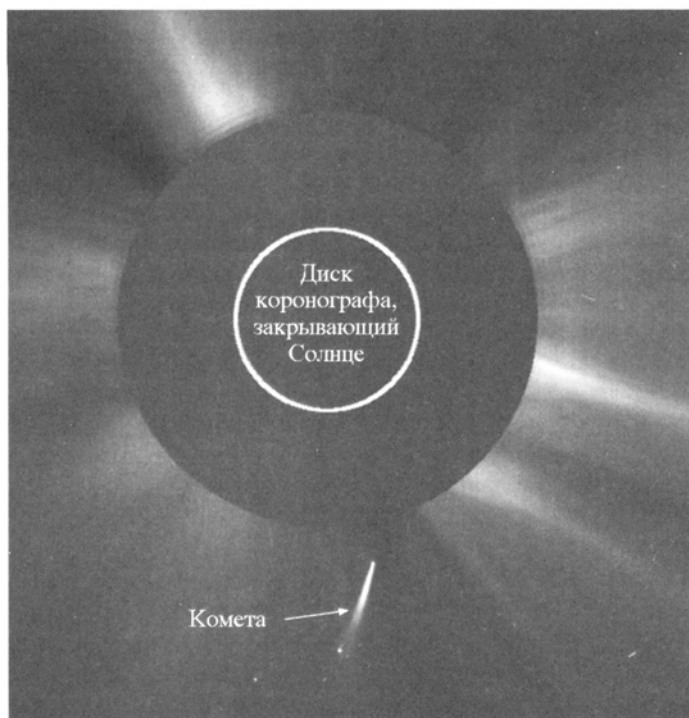
Взгляд из XXI в. неожиданно открывает в теории Т. Райта, хотя и формировавшейся в прокрустовом ложе религиозного мировоззрения, новые, не замеченные прежде провидческие выводы и догадки ее автора. Перед читателем наших дней *“новая гипотеза Вселенной”* Райта неожиданно предстает удивительным сплавом свойственных его эпохе религиозных мировоззренческих аксиом (на какие еще опирался сам Ньютон) и гениальных прорывов мысли в далекое будущее. Наряду с религиозными нравственными целями стимулом для Райта в космологии стала естественнонаучная ньютоновская теория всемирного тяготения и нашевшие в остром уме Райта быстрый отклик новые открытия в самой астрономии (периодичности комет и собственных движений звезд – Э. Галлей). Это и позволило гениальному астроному-самоучке увидеть в кажущемся хаосе безбрежного звездного мира его истинные структурные черты.

*А.И. ЕРЕМЕЕВА,
кандидат физико-математических наук
ГАИИШ МГУ*

Падение крупной кометы на Солнце

10 мая 2011 г. на Солнце “упала” гигантская комета, диаметр ее комы сравним с размерами Земли. Это событие зафиксировала камера гелиосферной космической обсерватории “SOHO” (NASA). Во время исчезновения кометы в короне светила на Солнце наблюдалось мощное взрывное явление, сопровождавшееся колоссальным выбросом энергии. Но это было не следствие удара, просто оба события совпали по времени. Комета мгновенно испарилась, даже не долетев до поверхности нашего светила.

Комету открыл астроном-любитель С.Э. Шурпаков (Белоруссия) на своей частной обсерватории под Оршей (Витебская область). Она, скорее всего, принадлежит семейству комет Kreutz. Предположительно, кометы этого семейства — остатки огромной кометы, которая развалилась несколько веков назад. Свое название семейст-



Комета, скорее всего из семейства Kreutz, приближается к Солнцу. Виден длинный хвост, протянувшийся на тысячи километров. Через мгновение вещество кометы испарится в солнечной короне. Снимок сделан 10 мая 2011 г. космической обсерваторией “SOHO”. Фото NASA.

во получило в честь астронома XIX в. Генриха Карла Фридриха Крейца, который первым описал их взаимосвязь. Вблизи от Солнца находятся и другие кометы. Впервые подобные объекты были обнаружены во время полного солнечного затмения в 1882 г. Сейчас в астрономических каталогах зафиксировано более 2 тыс. околосолнечных комет. “Царапающие” Солнце кометы или

падающие на него постоянно наблюдаются космическими солнечными обсерваториями “SOHO”, “SDO” и “STEREO”. Например, 13–22 декабря 2010 г. на Солнце упало 25 комет. Некоторые такие падения комет могут просто совпасть по времени с каким-либо выбросом коронального вещества (в среднем примерно до 10 в день).

*Пресс-релиз NASA,
13 мая и 1 июня 2011 г.*

Космос и космическое мышление в понимании студентов

О.М. ТЕНЯКОВА,
кандидат философских наук,
доцент кафедры “Философия, история и культура”
Дипломатической академии МИД РФ

В 2007 г. мировое научное сообщество отметило 50-летие космической эры. 1957 год – год запуска первого искусственного спутника Земли и рождения отечественной космичес-

кой фантастики в ее современном виде, поскольку именно тогда вышел в свет социально-философский роман Ивана Ефремова “Туманность Андромеды”. В далеких теперь 1950-х

и 1960-х гг. космос был мечтой миллионов студентов и школьников нашей страны. А что думают о космосе и космонавтике современные студенты спустя полвека?

Этот вопрос послужил импульсом к следующему социологическому исследованию, проведенному автором. 150 студентам второго курса факультета “Технический сервис в агропромышленном комплексе” Московского государственного агроинженерного университета им. В.П. Горячкина было предложено изложить свои мысли в форме творческой самостоятельной работы по довольно необычной теме – “Космическое мышление: мое определение и понимание”.

Само понятие “космическое мышление” – довольно популярная тема научных и философских дискуссий, причем зачастую использующееся в разных значениях. Автор предлагает следующее его определение: *космическое мышление – это осмысление бытия с позиций человека как вселенского существа, несущего ответственность за сохранение и развитие жизни и разума в космическом масштабе.* Данное понятие разрабатывалось с начала XX в. в трудах русских

космистов К.Э. Циолковского, В.И. Вернадского, А.Л. Чижевского и др. Эти мыслители указывали на то, что человек должен стать идеалом космического единства, а общество, построенное на началах любви, духовного общения и нравственного совершенствования, служит основой для выхода человека за пределы Земли и освоения космоса. В курсе истории русской философии студенты получают первоначальное представление о русском космизме, но в целом пред-

ложенная тема являлась для них новой. При анализе самостоятельных работ это позволило выявить полный спектр мнений по проблеме космического мышления, а также довольно высокую степень заинтересованности в этом вопросе.

1. Определение понятия “космическое мышление”

Студенты, которые пытались дать определение космического мышления, как правило, исходили из его актуальности. Впервые, они вполне осознают тот факт, что человечество вступило в антропогенную эру и, по выражению В.И. Вернадского, *“роль человека на Земле имеет огромное значение. Люди – самые развитые живые существа, они как бы задают новый ритм жизни”*. А поскольку в современном мире космосу и его изучению отводится особое место, то с каждым годом космонавтика развивается все больше, база научных знаний о космосе возрастает, и это необратимый процесс. Поэтому, как написали в своих работах студенты, *“у каждого человека есть или должно быть космическое мышление – понимание человека того, какое место он занимает в мире и в пределах космоса”*. Студенты очень логично заключают: чем более будет развито это понимание у людей, тем активнее будет человек

“общаться с космосом... ведь до сих пор в космосе остается столько неразгаданных вещей”. В нескольких работах прозвучала мысль о том, что космическое мышление – это осознание чего-то “нового”, возможно “сверхъестественного”, и даже делается такое обобщение: *“Вселенная – это и есть то самое, странное космическое мышление”*.

Во многих студенческих работах (их около 60%) под космическим мышлением понимается развитие человеческой деятельности в космосе и даже научно-технический прогресс в целом: *«По моему мнению, термин “космическое мышление” связан с развитием новых технологий, которые в наше время достигли высокого уровня. Человечество большими шагами идет к тому, чтобы совершить межпланетное путешествие»*.

Некоторые студенты признавались: *«Этот вопрос поставил меня в тупик, как и многих других. Раньше я никогда не задумывался над тем, что “я” есть для Вселенной», «... словосочетание “космическое мышление” я понять не могу. Космос это для меня что-то далекое, холодное, еще не изученное и непонятное от этого вдвойне!»* Поэтому в более чем половине работ при определении понятия “космическое

мышление” студенты затрагивали смежные мировоззренческие вопросы. Например, какое место я занимаю в этом мире? Что было до меня? Что там, “за горизонтом”? Что будет после меня? Зачем и почему я живу, осознаю жизнь вокруг себя? И, наконец, главный вопрос: одни ли мы во Вселенной?

2. Проблема внеземных цивилизаций

Студенты с энтузиазмом обсуждают вопрос о внеземных цивилизациях: *“Всех интересует, существует ли жизнь на других планетах”*. В большинстве случаев студенты довольно оптимистично оценивают шансы получить на него точный ответ: *“Каждый из нас – всего лишь маленькая частица в этом огромном мире. Мы не одиноки во Вселенной и, возможно, вскоре мы узнаем об этом правду”*. Ведь это обусловлено тем, что *“на какой-нибудь планете вполне могли зародиться формы жизни, как и у нас”*. В 20% работ второкурсники демонстрировали неплохую осведомленность относительно современного состояния проблемы внеземных цивилизаций. Однако при анализе студенческих работ нельзя не упомянуть о таком аспекте, как мифологизация сознания под влиянием литературы, киноискусства и СМИ, а также об отождествлении внеземных

цивилизаций и аномальных явлений в мифологизированном сознании. Видимо, под воздействием популярной концепции Эриха фон Дэникена (изложенной в книге «Воспоминания о будущем», одноименном фильме и многих других работах этого автора) студенты с уверенностью пишут о том, что египетские пирамиды были построены агентами внеземных цивилизаций. Еще одно убеждение, граничащее с фобией, — представление о межпланетных войнах. На формирование этого мифа, несомненно, оказали большое влияние романы и кинофильмы в жанре научной фантастики и фэнтези.

3. Представления о космосе и отношение к нему

Очень интересны, по мнению автора, студенческие суждения о Вселенной. Во многих из них лейтмотивом является то, что космос и человек взаимосвязаны: «Еще с древних времен человек начал ощущать себя частью космоса. Он старался изучить все космические явления, но множество явлений так и остались не разгаданы. Большинство людей стремятся как можно больше познать космос и открыть для себя много нового. Некоторые люди живут мечтами о космосе. Бывает, что космоса могут бояться, но ни-

кто не может остаться к нему безразличным». *«Космос — это загадка, тайна, которую он не хочет открывать. Я думаю, что можно продолжать разгадывать ее до бесконечности, и все равно ответа не будет. Поэтому я считаю, что четко определения космоса дать нельзя. Это что-то очень масштабное, безграничное и даже непонятное для человеческого разума, мистическое...»* Без сомнения, вселяет надежду и гносеологический оптимизм некоторых второкурсников: *«Конечно, со Вселенной связано много загадок, но я надеюсь, что человеку удастся узнать о ней много нового, и хочу внести свой вклад в эти исследования».* Лишь в нескольких работах (их не более 5%) студенты проявили весьма прагматичный подход к предложенной теме: *«Я не умею связываться с космосом, не задумывалась о том, имеются ли потусторонние силы, существуют ли инопланетяне, потому что есть дела поважнее», «к сожалению, у меня нет достаточно времени, чтобы заняться мыслями о космосе».*

4. Космическая деятельность человека и потенциальная экспансия

Какую роль играет человек в космосе? Имеет ли он какое-либо влияние? Приносит ли пользу или же наоборот, де-

лает лишь хуже? На эти вопросы студенты дают различные, порой противоположные ответы. Очень часто космическая деятельность оценивается отрицательно, иногда в тесной связи с земными экологическими проблемами: *«Человек влияет на космос, но пагубно. Связано это с загрязнением окружающей среды. И участвуют в этом все — от мала до велика. Тем самым вокруг Земли создается «инородное», не свойственное космосу «биополе»».* В то же время *«изучать космос полезно и необходимо. Экологическая ситуация на Земле и так уже катастрофическая. Возможно, нам или нашим внукам придется улетать с этой планеты, сделав здесь большую помойку».*

Почти треть студентов понимают под космическим сознанием именно развитие человеческой деятельности в космосе. Как полагал И.С. Шкловский, современное человечество осваивает всю биосферу и вступает в период предельно быстрого развития, который он назвал «фазой взрывной, или неограниченной, экспансии». Студенты вполне осознают, что со временем человек начнет осваивать другие планеты, и в целом дают этому позитивную оценку. Но не обошлось и без курьезов, некоторые ответы, на взгляд автора, вы-

зывают удивление своей наивностью: *“Через много лет люди научатся жить за пределами Земли. Пустят какие-нибудь корабли с Земли до Луны, Юпитера и т.д., и в Галактике будет взаимосвязанная деятельность человека. Мы познакомимся с инопланетянами и проживем все вместе”*.

5. Экологическая проблема

В контексте предложенной темы студенты часто связывали проблему сохранения окружающей среды с загрязнением человеком ближнего космоса. При этом их высказывания зачастую поражают крайним пессимизмом: *“Может быть, человек – самое ужасное существо во Вселен-*

ной”. Однако минусы глобального хозяйствования человека находят у студентов не только эмоциональный, но и рациональный отклик: *“Каждому человеку нужно задуматься о том, что он дает природе и что от нее забирает, так как должно быть положение равновесия”*. Люди должны *“сломать свою эгоистическую сущность”* и поставить перед собой решение общих проблем: *“Мы живем на планете Земля, которая входит в Солнечную систему, а это часть огромной Вселенной. Человек – это лишь очень маленькая, но важная частичка космоса. Он должен понять, что планета – это его дом, дом его детей. Нуж-*

но бережно относиться к дарам природы. Человек должен думать во все-ленском масштабе”.

В заключение хотелось бы отметить, что комплексное видение проблем человечества крайне актуально для исправления нынешней ситуации на планете Земля, и студенты хорошо это понимают. Все это говорит о том, что безусловной задачей современного воспитания и образования является развитие космического самосознания, то есть осознания самого себя как неразрывной части беспредельного космоса и основанной на этом системы духовных ценностей.

Информация

Экзопланеты-сироты

Коллектив ученых из Японии и Новой Зеландии из Европейской Южной Обсерватории обнаружил 10 крупных потенциальных экзопланет, не связанных ни с одной из звезд. Возможно, это обычное явление для Млечного Пути. К такому выводу приходят специалисты, участвовавшие в проекте MOA (Microlensing Observations in Astrophysics – наблюдение микролинзирова-

ния в астрофизике) и OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment – оптический эксперимент по гравитационному линзированию). В течение двух лет они следили за 50 млн звезд Млечного Пути, ища эффекты гравитационного микролинзирования. С помощью этого метода планеты находят по колебаниям искажений света далеких звезд, вызванных гравитацией системы звезда – планета. Из более чем 500 обнаруженных в настоящее время экзопланет таким методом открыто 12 объектов, у 10 из них нет “родных” звезд.

В процессе формирования планетных систем некоторые планеты или протопланетные тела (планетезимали) могут выйти

на гиперболические орбиты и навсегда покинуть свою систему под действием “гравитационной пращи”, раскрученной массивными газовыми гигантами. Такие гипотетические тела, которые не обращаются вокруг звезды, а самостоятельно движутся по своим орбитам вокруг центра Галактики, называют “планетами-изгоями” или “планетами-сиротами”.

Новое открытие ставит перед учеными вопросы: считать ли такие тела планетами в традиционном понимании и действительно ли они не “связаны” притяжением далекой звезды и движутся свободно?

Пресс-релиз ESO,
18 мая 2011 г.

Волгоградский планетарий

В.И. ФРОЛОВ,
директор Волгоградского планетария,
заслуженный работник культуры РФ

Звездный дом Волгограда – настоящее украшение города и его символ. Это один из

крупнейших и красивейших планетариев России, имеющий богатую и необычную исто-

рию (Земля и Вселенная, 2006, № 4).

Напомним, что идея возведения такого уникального сооружения, как Волгоградский (бывший Сталинградский) планетарий, родилась в трудное послевоенное время. Планетарий является даром Германии защитникам Сталинграда. Вадрес строителей нашего города для возведения Планетария поступило из Германии 200 вагонов с грузами – это техника, строительные и отделочные материалы. Строители треста “Сталинградкультстрой” возвели это прекрасное здание. Впереди стояли важные задачи и первая из них – вдохнуть жизнь в планетарий. Нужно было установить в короткие сроки все оборудование, чтобы на куполе зажглись

звезды. Эту работу министр культуры РСФСР Г.Т. Зуева поручила бригаде, в которую вошли работники Московского планетария: Р.И. Цветов, А.Б. Поляков, А.Г. Храбров, С.Я. Юнусов и другие. Эти люди справились с поставленной задачей. По инициативе директора Московского планетария Виктора Васильевича Базыкина научный совет разработал методику подготовки будущих лекторов. Преподаватель Волгоградского планетария И.Е. Клименко занимался подбором лекторов для Планетария, а их подготовку вели московские лекторы К.А. Порцевский, А.Ф. Ларионов, А.Б. Поляков.

Единственный в то время в Нижнем и Сред-

нем Поволжье Планетарий вступил в строй 19 сентября 1954 г. Восхищению людей не было предела. Планетарий располагает Звездным залом на 500 мест и Малым залом на 140 мест. Высота купола Звездного зала – 16 м, диаметр – 25 м, в центре возвышается аппарат “Большой Цейс”, с помощью которого проецируется звездное небо. В течение года в Звездном зале проводится более 1500 программ и лекций. В Малом зале проводятся научно-практические конференции, встречи с учеными. С сентября по апрель организуются по абонементам циклы научно-познавательных лекций для школьников. С мая по сентябрь Планетарий в



Здание Волгоградского планетария, находящегося на улице Мира. 2011 г.

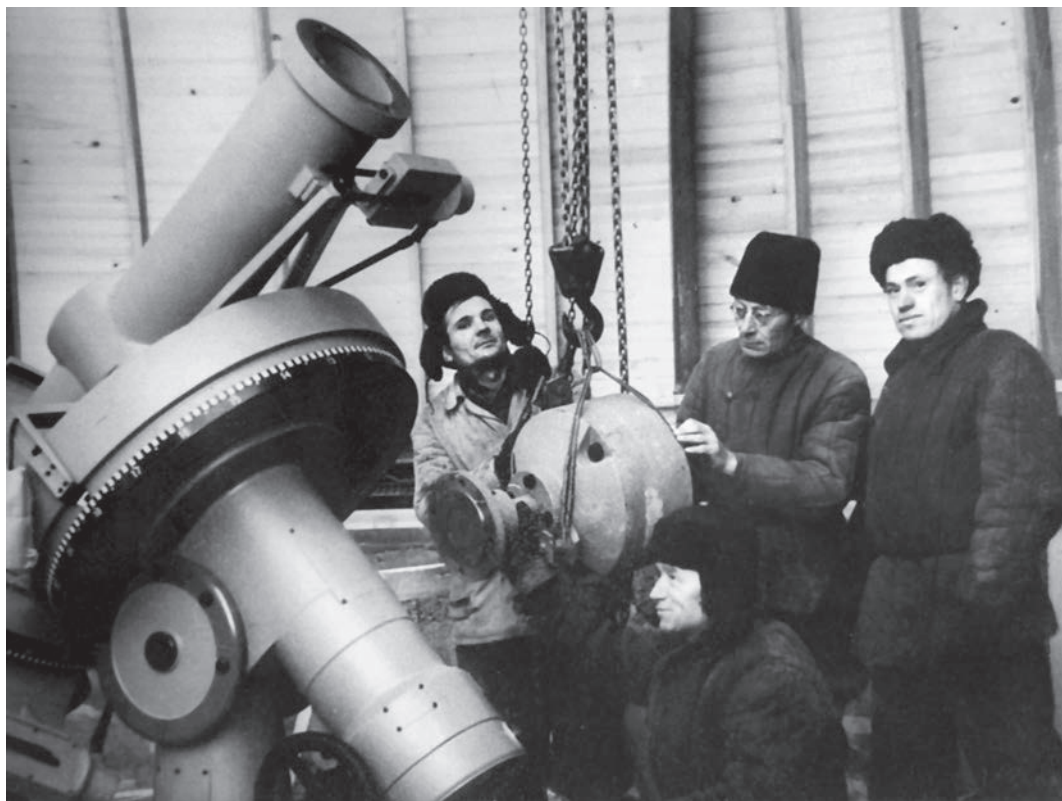
основном работает с туристическими группами и гостями города, в это время года сеансы нередко проводятся каждый час. При Планетарии работает обсерватория. С 12-дюймовым телескопом-рефрактором проводятся наблюдения Солнца, а в ночное время – наблюдения планет и звездного неба.

За 50 лет Планетарий превратился в крупный центр пропаганды естественнонаучных знаний.

Коллектив этого уникального учреждения вложил много труда, творческой инициативы, чтобы организовать работу на высоком уровне. Планетарий ежедневно посещают волгоградцы и гости города. В нем уже побывало 35 млн человек. Здесь были многие политические деятели из Англии, Болгарии, Венгрии, Германии, Индии, Испании, Италии, Португалии, США, Франции, Чехословакии и других стран. Планетарий посетили космонавты В.Ф. Быковский, А.А. Леонов, Ю.В. Малышев, Г.В. Сарафанов, Г.С. Титов. В книге записей посетителей Алек-

сей Архипович Леонов написал: *“Таким архитектурным сооружением и техникой может гордиться не только город Волгоград, но и любая страна”*.

Сегодня Волгоградский планетарий переживает свое второе рождение. Вся прежняя проекционная техника заменена на новую. С внедрением современных видеопроекторов, установкой новейшей акустики, а также оргтехники значительно улучшилось качество зрительного ряда, сделаны панорамные изображения Луны, Марса, Арктики, лесов и других кли-



матических зон Земли. В программах Планетария используются также полиэкранные изображения и разнообразные световые эффекты.

Ежегодно в Планетарии разрабатываются новые программы, лекции по астрономии, физике, наукам о Земле, биологии. Лекции рецензируются докторами и кандидатами наук волгоградских вузов. Программы Планетария имеют не только научно-просветительское, но и образовательное и воспитательное значение. Для этого используются передовые технические средства. Мы убеждены, что

школьная астрономия в силу своей мировоззренческой направленности должна стать одним из главных предметов в системе общего естественнонаучного и гуманитарного образования. Опыт работы Волгоградского планетария доказывает, что планетарий является необходимым элементом системы образования современного подрастающего поколения. В условиях, когда астрономию исключили из школьной программы, Волгоградский планетарий уделяет особое внимание чтению лекций по астрономии и астрофизике, отражению в них новейших откры-

Установка аппарата "Большой Цейс" в Звездном зале Планетария. 1954 г.

тий и передовых научных идей. В последнее время тематику Планетария дополнили новые программы: "Темная энергия во Вселенной", "Экзотические звезды" Т.П. Ушаковой, "Фантазии космоса", "Звезда по имени Солнце" О.Б. Колесниковой, "В царстве комет и астероидов", "Среди звезд и галактик" Г.Д. Тимониной.

Широко раскрыты двери Планетария и для самых маленьких посети-

телей. По выходным дням проводятся программы для детей с родителями. Малыши вместе с любимыми сказочными героями совершают увлекательные путешествия на Луну, к планетам Солнечной системы, к далеким звездам и галактикам, в морские глубины, а также по земным материкам и странам. Детские лекции насыщены музыкальными фрагментами, световыми эффектами, в них включены детские песни, стихи, загадки. При создании наглядного материала в детских лекциях используются элементы мультипликации. Новинками для малышей стали программы “Астрономия от А до Я”, “Космические сюрпризы для Алисы”, “Звездочка-жемчужина”, “Путешествие Вити Перестукина к динозаврам”.

Лекции по космонавтике наряду с астрономическими программами – основные в тематике Планетария. В этих лекциях мы рассказываем не только об истории отечественной и мировой космонавтики, о космической технике, но и о значении космических средств для мониторинга окружающей среды, наблюдения за состоянием сельскохозяйственных



посевов, обнаружения лесных пожаров и предотвращения экологических проблем. На традиционной гагаринской неделе посетителям предлагаются программы “Юрий Гагарин – первый космонавт”, “Робинзоны Вселенной”, “На космических орбитах” и другие. В год 50-летия полета в космос Юрия Гагарина у нас открылась выставка детских рисунков “Мы рисуем космос”. 12 апреля 2011 г. 50 авторов лучших работ награждены грамотами и книгами.

В Планетарии работает астрономический клуб “Альциона” под руководством лектора Тамары Павловны Ушаковой. На занятиях дети учатся пользоваться звездными картами, овладевают навыками астрономических наблюдений, знакомятся с последними достижениями науки и космической техники, слушают выступления ученых. В ноябре – декабре 2010 г. цикл лекций по современной астрофизике прочитал школьникам доктор



Выставка детского рисунка “Мы рисуем космос” в фойе Планетария.



Члены астрономического клуба “Альциона” проводят наблюдения в обсерватории Планетария.

физико-математических наук, профессор И.Г. Коваленко. Старшеклассники приобщаются к научно-исследовательской работе, ежегодно принимают участие в городском конкурсе учебно-исследовательских работ "Я и Земля" им. В.И. Вернадского и занимают призовые места. Отрадно, что каждый год, вопреки реформам образования, в астроклуб приходят новые школьники, увлеченные звездным небом, загадками мироздания.

Некоторые выпускники нашего астроклуба стали профессиональными учеными, например В.Г. Сурдин, С.А. Ламзин и С.А. Ходыкин.

В новых экономических условиях коллектив Планетария нашел силы перестроиться и, несмотря на значительное сокращение штата, продолжает активно работать. Преодолевать трудности помогает сознание того, что Планетарий нужен всем и в первую очередь детям. Даже в периоды

сложного финансового положения мы изыскиваем средства и даем возможность бесплатно посещать Звездный дом солдатам срочной службы и детям-сиротам. Волгоградский планетарий находится на полном хозрасчете.

Коллектив Волгоградского планетария надеется добиться новых творческих успехов, чтобы служить благородному делу просвещения народа.

Информация

Долгожданное событие

Как уже знают наши читатели, 12 июня 2011 г. после 17-летнего перерыва был торжественно открыт Московский планетарий. Главный Звездный дом нашей страны во многом отличается от прежнего. Он оснащен самым современным оборудованием. Новейший оптический проектор Большого зала создает на огромном куполе изображение 9 тыс. мерцающих звезд. Аппарату-

ра Большого зала позволяет воспроизводить вид самых разных небесных тел и их систем, показывать впечатляющие панорамы и фильмы. В результате реконструкции Планетарий стал выше на 6 м, а занимаемая им площадь увеличилась с 3 тыс. м² до 17 тыс. м². Открылись Малый звездный зал, астрономическая площадка с двумя обсерваториями, музей Урании, интерактивный музей "Лунариум" и 4D-кинотеатр. По опубликованным данным, на покупку старого здания Планетария, строительные работы, техническое переоснащение и закупку интерактивного оборудования израс-

ходовано свыше 4 млрд рублей. Предполагается, что ежегодно Планетарий будет посещать до 1,5 млн человек, 80% которых – дети разного возраста. Москвичам и многочисленным гостям столицы к празднику Дня России сделан великолепный подарок – им стал один из крупнейших в мире планетариев, который будет не только центром пропаганды астрономических знаний, совершенно необходимых в настоящее время, но и важным образовательным и культурно-просветительным учреждением нашей страны.

*Е.П. ЛЕВИТАН,
ветеран Московского
планетария*

Как образовалась Солнечная система?

Е.В. ПОПОВА,
академик РАЕН,
Помощник Руководителя Администрации Президента РФ

Рассматривая основные положения теории происхождения Солнечной системы, автор пытается найти ответы на некоторые из нерешенных до сих пор вопро-

сов. Изучение происхождения Солнечной системы важно не только для развития фундаментальной науки, но и имеет большое практическое значение при

формировании долгосрочной космической программы России исследования Луны и Марса, более глубокого понимания проблем земной геологии.

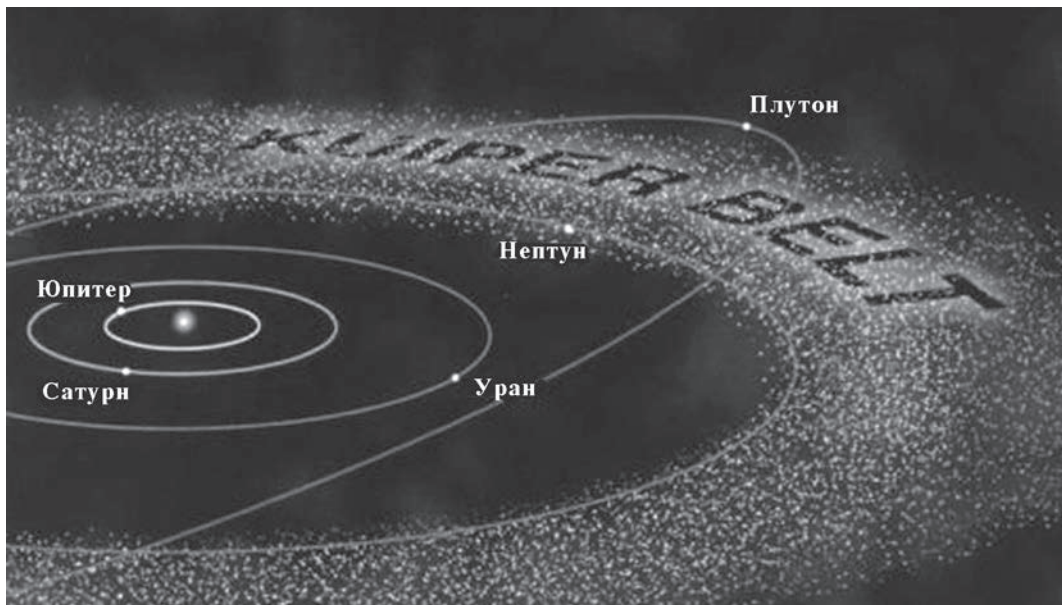
НЕОБХОДИМОСТЬ ЛУННО-ПЛАНЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В федеральном законе “О космической деятельности” сказано, что “исследования и использование космического пространства, в том числе Луны и других небесных тел, являются важнейшими приоритетами государственных интересов”. В 1960–1980-е гг. в нашей стране были выполнены пионерские работы по изучению Луны, Венеры, Марса. Они дали науке уникальные сведения о природе тел Солнечной системы и внесли выдающийся вклад нашей страны в мировую науку и историю человеческой цивилизации. Однако с конца 1980-х гг.

мы практически не вели исследования планет Солнечной системы, хотя Россия по-прежнему лидирует в области предоставления космических услуг. Так, из 31 запуска, выполненного Россией в 2010 г., 13 сделаны в интересах зарубежных стран (в США в это же время из 15 запусков 9 были осуществлены в интересах национальных программ).

Как отмечает в своей книге “Замыслы и просчеты” академик Э.М. Галимов (Земля и Вселенная, 2010, № 5), неэффективное планирование астрофизических проектов, нерациональное распределение ресурсов, выделенных на запуск космических ап-

паратов научного назначения, привели к тому, что Россия уже почти 20 лет не осуществляет лунно-планетных миссий. В соответствии с предложениями академика Э.М. Галимова, при эффективном управлении астрофизическими проектами реализация проекта “Фобос-грунт” могла быть осуществлена еще в 2003 г., наряду с двумя запусками к Луне в 2005 г. Одновременно следовало перестроить проекты космических астрофизических обсерваторий “Спектр”, спроектировав их осуществление на ракетах-носителях среднего класса и на платформах, которые были бы разработаны в ходе реализации проектов



Пояс Койпера – кольцо ледяных объектов (астероиды и ядра комет) за орбитой Нептуна. Рисунок NASA.

“Фобос-грунт” и “Луна-Глоб”. Очевидно, что российское правительство должно обратить внимание на проблемы организации и финансирования фундаментальных и прикладных исследований Луны и планет Солнечной системы. Необходимо понимать, что данная область науки представляет интерес не только для углубления наших знаний о Солнечной системе. Эти знания чрезвычайно важны для решения проблем земной геологии, а исследования Луны имеют прямое прикладное значение.

Автор данной статьи является руководителем

Межведомственной группы при Администрации Президента Российской Федерации по инновационному законодательству и председателем Комитета торгово-промышленной палаты РФ по модернизации и технологическому развитию. В ходе наших заседаний по космической тематике были высказаны не только предложения по экономическим и законодательным мерам развития ракетно-космического комплекса России, но и состоялся ряд дискуссий научного характера, касающихся фундаментальных исследований Луны, планет и дальних областей Солнечной системы. Проведение научных исследований по данному направлению позволит ответить на

следующие важнейшие вопросы:

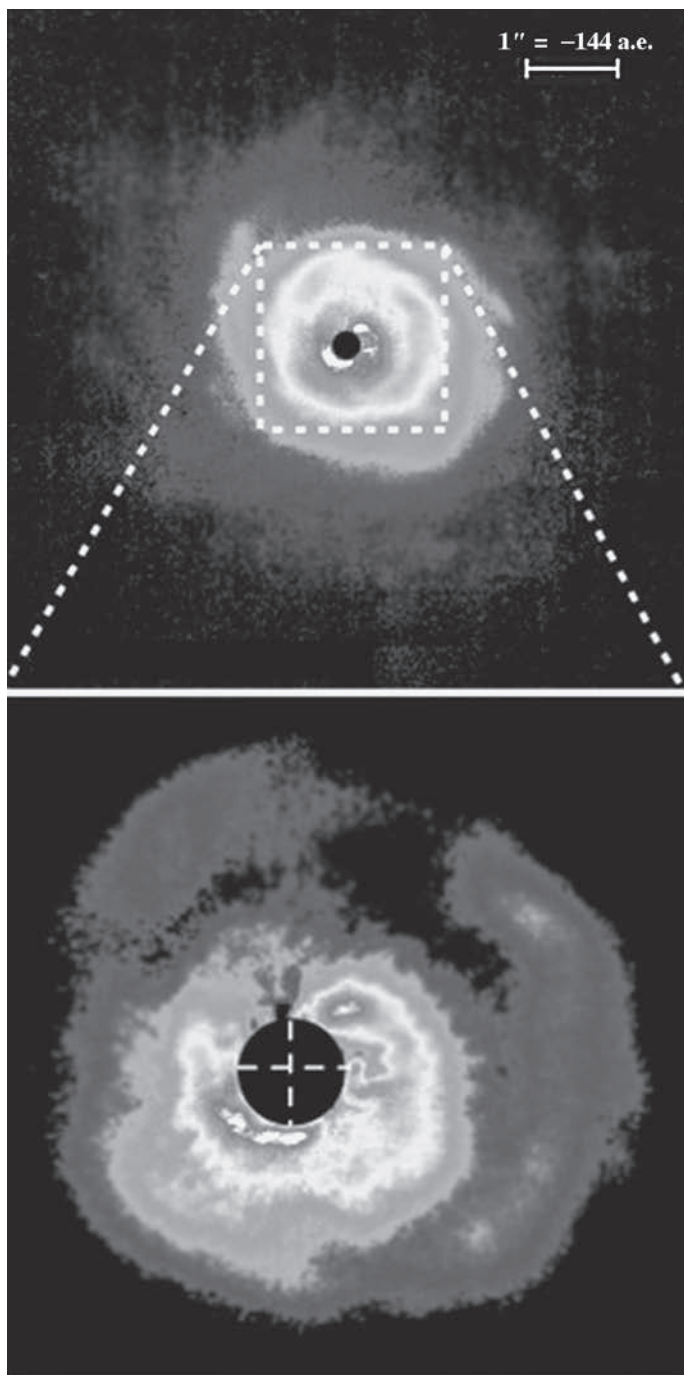
- формирование Земли и ее ранняя история в контексте образования и эволюции Солнечной системы;

- изучение внутреннего строения планет и спутников;

- происхождение жизни на Земле;

- освоение Луны и Марса (в качестве источника ресурсов, космодромов для исследования дальнего космоса, планетных баз, изучение возможностей для терраформирования и т.д.).

В целях привлечения общественного интереса к фундаментальным исследованиям космоса и успешной “реанимации” российской программы лунно-планетных научных миссий хотелось бы остановиться на



Протопланетный диск у молодой звезды AB Aur возрастом 1 млн лет (470 св. лет от нас в созвездии Возничего). Видны газопылевые кольца размером 40 и 100 а.е. и разрыв между ними. Внизу – укрупненное изображение. Снимок получен с помощью 8,2-м телескопа “Subaru” Японской национальной астрономической обсерватории в Мауна-Кеа, Гавайи.

гипотезах происхождения Солнечной системы, Земли и Луны, как официально признанных, так и довольно неожиданных.

ТЕОРИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

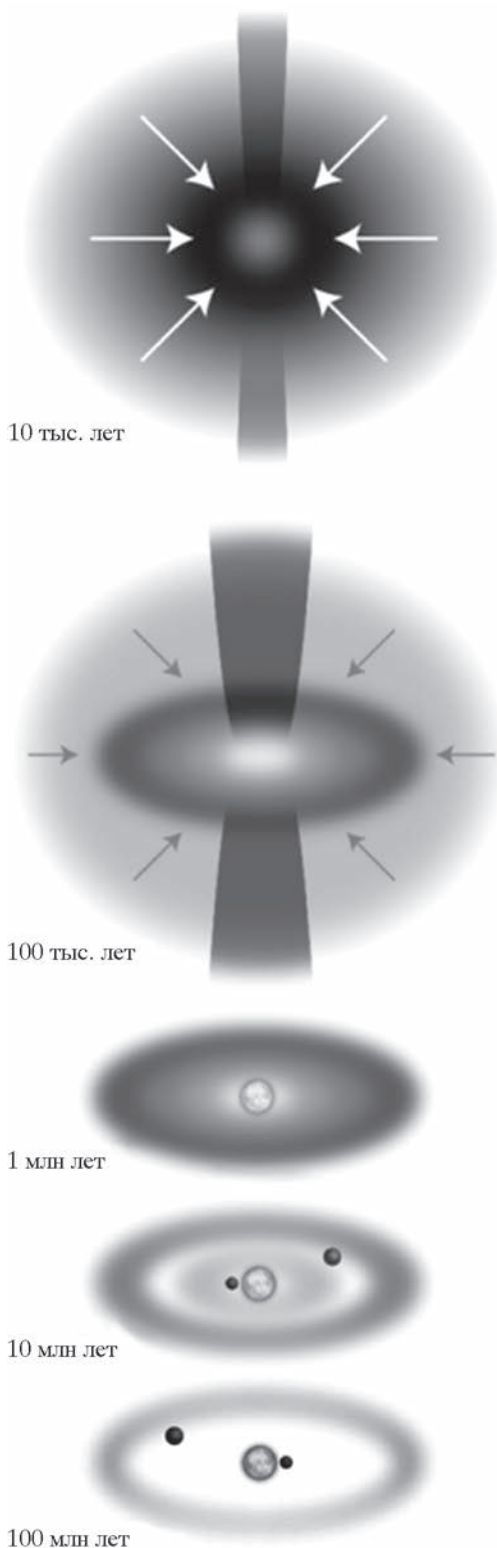
Наиболее широко принятая теория образования Солнечной системы предполагает образование Солнца и планет из газопылевого облака – протосолнечной туманности. Известно, что, если такое облако достаточно холодное и плотное, оно начинает сжиматься под действием силы гравитации. В ходе сжатия облако приобрело форму диска с утолщением в центре. При этом диск не является плоским: как следует из наблюдений дисков вокруг молодых звезд и из теории, толщина диска увеличивается по мере удаления от центральной звезды. Подобно тому как фигурист вращается быстрее, прижав к себе руки, скорость вращения диска растет по мере его сжатия. Центральная область становится горячее и плотнее. Считается, что в частях диска, ближайших к горячей центральной области, только скальные породы и металлы могли существовать в твердом состоянии, другие вещества испарились. Эти твердые частицы и металлы постепенно слипались, образуя планетези-

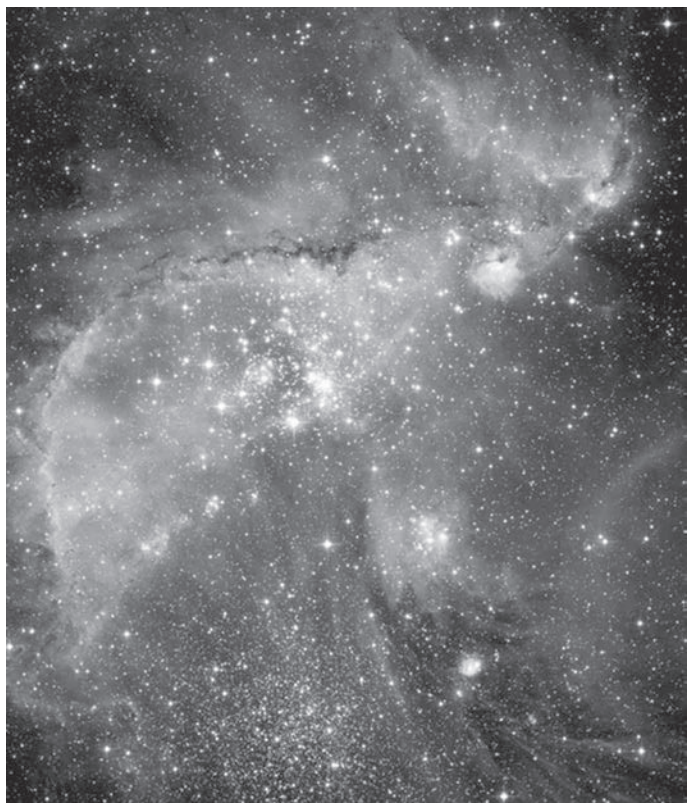
Весьма вероятная модель эволюции протопланетного диска вокруг звезд солнечного типа. Рисунок.

мали, а затем и планеты земной группы. Считается, что в более холодных внешних областях диска происходил подобный процесс, но твердые частицы, образовавшие планетезимали, состояли из большого количества различных льдов – водяного, аммиачного, метанового, а также скальных пород. Из этого материала образовались ядра газовых планет-гигантов.

В основе понимания процесса формирования Юпитера и других планет-гигантов лежит предположение о том, что сначала формировались их твердые ядра, а затем оболочки из водорода и гелия. Предполагается, что ядро Юпитера в десятки раз больше Земли. Считается, что по разным причинам на планетах земной группы произошла дифференциация вещества, образовав известную сейчас слоистую структуру.

Такова в общих чертах теория рождения планет Солнечной системы, какой она была до 1980-х гг. При этом оставалось много нерешенных проблем. Одна из них связана с распределением момента количества движения Солнечной системы между планетами





“Фабрика звезд” в Малом Магеллановом Облаке, где, так же как и в нашей Галактике, планетные системы могут образовываться из холодной газопылевой туманности. Снимок сделан KTX. Фото NASA.

и центральным телом — Солнцем. Момент количества движения — одна из важнейших характеристик изолированной механической системы. Математически “орбитальный” момент количества движения планеты относительно центра масс системы определяется как произведение массы планеты на ее скорость и на расстояние до центра вращения — до Солнца. Согласно расчетам, 98% всего момен-

та количества движения Солнечной системы связано с орбитальным движением планет и только 2% — с вращением Солнца. Большая доля момента количества движения сосредоточена в орбитальном движении Юпитера и Сатурна.

С точки зрения классической теории происхождения Солнечной системы со времен П. Лапласа это было совершенно непонятно. В эпоху, когда от первоначальной, быст-

рой вращающейся туманности отделялось кольцо, слои туманности, из которых впоследствии сконденсировалось Солнце, имели примерно тот же момент, что и вещество отделившегося кольца. Так как масса последнего была значительно меньше массы основной части туманности, то полный момент количества движения у кольца должен быть много меньше, чем у “протосолнца”. В гипотезе Лапласа отсутствует механизм его передачи от “протосолнца” к кольцу. Поэтому в течение всей дальнейшей эволюции момент количества движения “протосолнца”, а затем и Солнца должен быть значительно больше, чем у колец и образовавшихся из них планет. Но этот вывод противоречит фактическому распределению момента в нашей системе. Это первое важное возражение против существовавшей теории происхождения Солнечной системы. Кроме того, было непонятно, почему туманность разделялась на кольца, а не сохраняла форму диска. Объяснение “утечки” момента дал в своей теории английский астрофизик Ф. Хойл, однако эта теория имеет ряд существенных противоречий, на которых мы не будем останавливаться.

Трудности в теории Хойла пытались обойти гипотеза выдающегося

советского ученого и общественного деятеля О.Ю. Шмидта (Земля и Вселенная, 2002, № 3). По его гипотезе, предложенной в начале 1940-х гг., наша планетная система образовалась из вещества, захваченного из холодной газопылевой туманности, через которую некогда проходило Солнце, уже тогда имевшее почти современный вид. Никаких трудностей с вращательным моментом планет не возникает, так как первоначальный момент вращения облака мог быть сколько угодно большим. Начиная с 1961 г. эту гипотезу развивали многие космогонисты в нашей стране и за рубежом.

Из других гипотез следует упомянуть гипотезу Джинса – Вульфсона, популярную еще в 1920–1930-х гг., исходная материя была захвачена из сформировавшегося Солнца близко пролетавшей около него посторонней звездой. Выброшенная струя газа затем сконденсировалась и дала начало образованию планет.

По мнению ученых, гипотеза Джинса – Вульфсона оказалась несостоятельной по трем основным причинам:

- получалось, что образование планетных систем, подобных нашей, маловероятно, так как столкновения или близкие прохождения звезд в Галактике крайне редки;

- она не объясняет, как и гипотеза Канта – Лапласа, почему подавляющая часть момента количества движения сосредоточена в орбитальном движении планет (согласно математической модели, во всех случаях образуются планеты с очень маленькими орбитами);

- из расчетов ряда известных астрофизиков следовало, что вещество струи рассеется в пространстве и конденсации в будущие планеты не произойдет.

Но, если в первоначальном варианте гипотезы Дж.Х. Джинса планеты образовывались из газового сгустка, выброшенного из Солнца приливными силами при близком прохождении мимо него звезды, то ее обновленный вариант, развиваемый с начала 1970-х гг. английским астрономом М. Вульфсоном, предполагает, что газовая струя, из которой образовывались планеты, была выброшена из проходящего мимо Солнца космического объекта. В качестве последнего принимается уже не звезда, а протозвезда – “рыхлый” объект огромных размеров (в 10 раз превышающий радиус нынешней земной орбиты) и сравнительно небольшой массы (примерно 0,25% $M_{\odot}$). В этой модификации гипотезы Джинса преодолевается основная трудность, с ко-

торой столкнулся ее первоначальный вариант. По Вульфсону, это достигается предположением о больших размерах сталкивающегося с Солнцем объекта и его сравнительно небольшой массе. Первоначальные орбиты сгустков были весьма эксцентричны, так как заведомо не весь захваченный Солнцем газ смог конденсироваться в планеты, вокруг движущихся сгустков должна была образовываться некоторая газовая среда, которая тормозила бы их движение. Как известно, спустя несколько миллионов лет эксцентричные орбиты становятся круговыми. Каждый сгусток будет довольно быстро эволюционировать в протопланеты. Вращение протопланет может быть обусловлено действием приливных сил, исходящих от Солнца. Такковы основные положения этой гипотезы. Можно с определенной натяжкой сказать, что схема “аккреционной” гипотезы Шмидта имеет сходство с блок-схемой гипотезы захвата Джинса – Вульфсона.

НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Обнаружена связь этой “модернизированной” гипотезы с гипотезой об образовании Солнца и других звезд. После того как звезды сформируются из межзвездной газопылевой среды и станут самостоятельными



объектами, возможно образование планетных систем. Однако изучение Солнечной системы и планетных систем вокруг других звезд показывает, что остается много нерешенных вопросов. Перечислим некоторые из них:

- почему третья часть спутников планет Солнечной системы вращается по своим орбитам в обратном направлении;

- почему одни планеты вращаются вокруг своей оси в прямом направлении, а другие – в обратном;

- почему большинство обнаруженных экзо-

планет-гигантов гораздо ближе к своим звездам, чем Сатурн и Юпитер (возможно, это объясняется наблюдательной селекцией и миграцией);

- не мог ли спутник Плутона Харон появиться в результате удара тела почти такого же размера, как сам Плутон;

- является ли обратное движение спутника Нептуна Тритона признаком его гравитационного захвата;

- является ли сильный наклон осей Урана и Нептуна признаком косого удара по ним тел с массами в несколько земных масс (вычисления Ала-

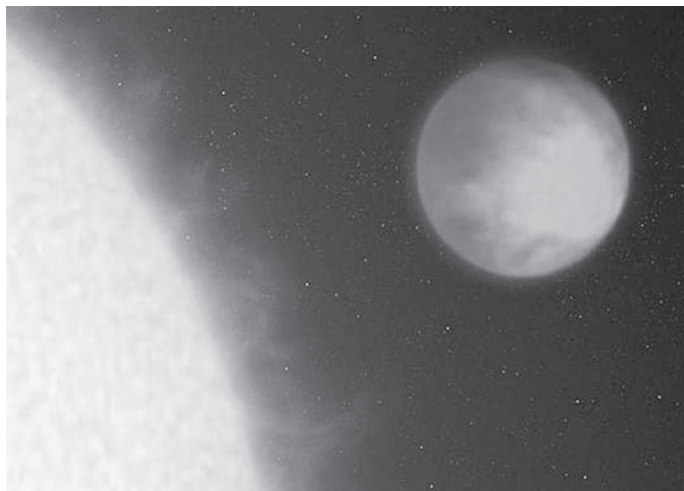
Так может быть виден Уран с кольцами с одного из его спутников. Рисунок NASA.

на Штерна показывают: чтобы иметь высокую вероятность таких столкновений, более десятка (!) подобных объектов должны двигаться в области между Ураном и Нептуном);

- почему орбита объекта 2004 XR190 в поясе Койпера наклонена на 47° к плоскости эклиптики, она близка к круговой и лежит слишком далеко (52–62 а.е.) от Солнца.

Современное моделирование образования

планет в протопланетных дисках сталкивается с серьезной проблемой: возникают трудности с формированием планет-гигантов. Когда на периферии будут формироваться объекты-гиганты, им еще предстоит достаточно долго набирать массу путем аккреции окружающего газа. Пока зародыши не набрали много газа, но их масса, тем не менее, становится достаточно большой, гравитационное взаимодействие с газовым диском начинает быстро уменьшать большие полуоси их орбит (миграция I типа). Проходит всего 100 тыс. лет, и все массивные объекты проваливаются во внутренние области системы и с высокой вероятностью падают на центральную звезду. Однако, если планета набрала большое количество газа и стала настоящим газовым гигантом, ей уже не грозит миграция I типа. Но она подвержена миграции II типа, когда гигант создает разрыв в газовом диске и сдерживает течение газа через свою орбиту. Поскольку из-за диффузии турбулентный газ не перестает просачиваться в разрыв, его взаимодействие с планетой заставляет ее терять момент количества движения и приближаться к звезде. Этот процесс довольно медленный: необходимо несколько миллионов лет, чтобы гигант

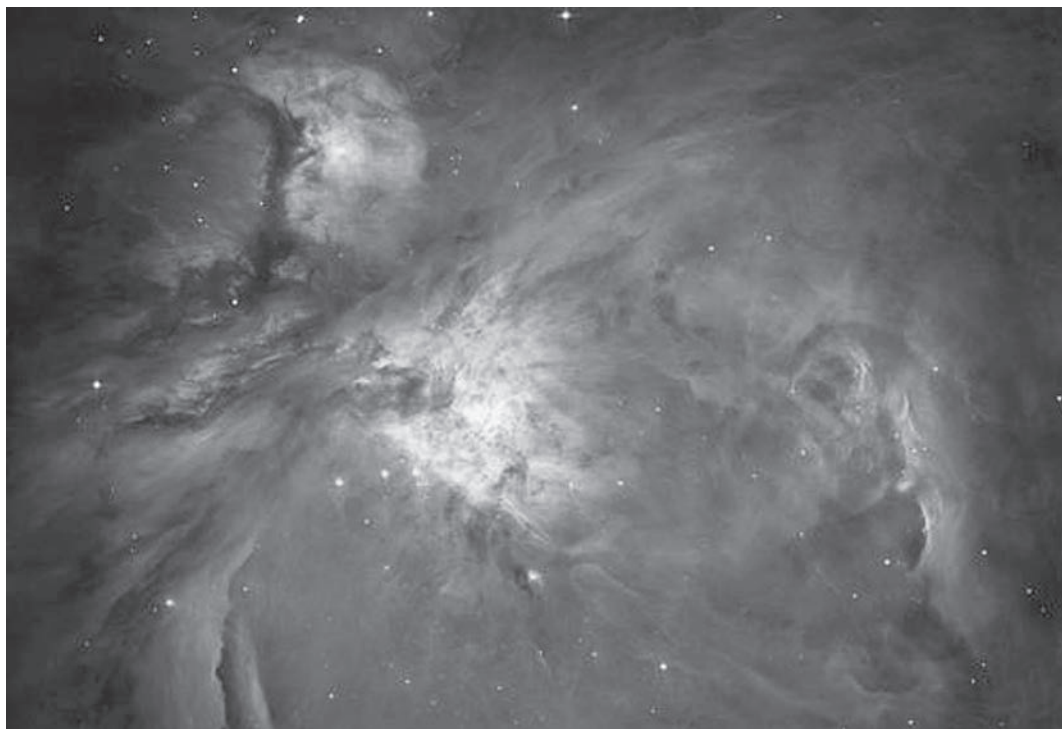


Большинство обнаруженных экзопланет-гигантов гораздо ближе к своим звездам, чем Сатурн и Юпитер. Рисунок ESO.

приблизился к звезде на расстояние несколько астрономических единиц. Неясно, что именно удерживает наблюдаемые горячие гиганты от падения на звезду, ведь около других звезд их обнаружено много. Это может быть, например, магнитное поле, удаляющее газ из внутренней части диска (а без газа дрейф планеты к звезде прекращается). Возможно, основную роль играют приливы, которые возбуждает планета на звезде, а они замедляют и останавливают ее падение. Почему все эти процессы, приводящие к их образованию, не прошли в ранней Солнечной системе, остается необъясненным.

Возникла необходимость модернизировать

стандартную модель формирования Солнечной системы, которая отвечала бы на поставленные вопросы. При этом следовало бы отойти от представления о совместном происхождении Солнца и протопланетного диска и вернуться к предположению, что на Солнце, уже сформировавшемся как одиночная звезда, под действием мимо пролетавшего массивного небесного объекта произошло солнечное извержение и образование планет из солнечного вещества. В рамках данной модели легче объяснить парадоксы, связанные с распределением момента количества движения и расположением в одной плоскости (плоскости эклиптики) орбит почти всех планет (кроме



Меркурия и Плутона – 7° и $17,1^\circ$ соответственно) и объектов Главного пояса астероидов.

Однако и такая модель встречается с большими трудностями. Одна из причин указана Л. Спитцером. Вещество внутри Солнца слишком горячее: согласно стандартной модели Солнца, на глубине в 14 тыс. км температура достигает 10^5 К, в 22 раза выше, чем температура в фотосфере, а на глубине в 140 тыс. км она достигает уже $1,4 \times 10^5$ К. При выбросе такой горячей плазмы силы внутреннего давления преобладают над силой гравитации. Струя рассеивается раньше, чем охлаждает-

ся путем излучения или турбулентной конвекции. В лучшем случае из рассеянного таким образом вещества может образоваться протяженная туманность, значительно менее плотная, чем солнечная, и в ней не будет тех ядер конденсации, которые присутствуют в неиспарившемся межзвездном веществе солнечной туманности.

Вторая причина – динамическая. Выброс вещества из Солнца под действием приливных сил, в соответствии с существующими математическими моделями, может происходить только на очень небольшие расстояния, сравнимые с расстоянием между цен-

Туманность Ориона, в которой обнаружены молодые звезды с газопылевыми дисками. Снимок сделан КТХ. Фото NASA.

трами масс тел, вызвавших отрыв струи (меньшим, чем предел Роша), то есть около $3 R_\odot$. Если бы даже в такой близости от Солнца в результате выброса образовались сгустки – протопланеты, то большой проблемой остается перенос этих тел на планетные расстояния. В соответствии с расчетами Г. Рессела и Н.Н. Парийского, перенос протопланет или планет из ближайшей к Солнцу области на расстояние Юпитера или даже Зем-

ли под действием приливного взаимодействия с Солнцем требует слишком большого времени.

ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

Выход из возникших затруднений следует, по видимому, искать в современных наблюдениях молодых звезд, подобных молодому Солнцу. Это звезды малой массы, не превышающей $2 M_{\odot}$. Вокруг сотен таких звезд с возрастом, не превышающим несколько миллионов лет, обнаружены газопылевые диски. Их наблюдают в видимом свете и в инфракрасном диапазоне. Большинство молодых звезд, окруженных дисками, относятся к классическим звездам типа Т Тельца. Для них характерны нерегулярные изменения блеска, связанные с возмущениями процесса аккреции газа на звезду из окружающего диска радиусом 100–1000 а.е. Околозвездные диски богаты газом (до 98% по массе), но содержат пыль в количестве, достаточном для образования планет. Такие диски найдены у большинства наблюдаемых звезд Т Тельца, возраст которых не превышает 1 млн лет, и у 20–30% звезд не старше 10 млн лет. По спектрам этих звезд научились определять, в каком темпе падает на звезду вещество из окружающего

диска. Оказалось, что темп аккреции находится в пределах от 10^{-7} до $10^{-9} M_{\odot}$ в год, причем он убывает с увеличением возраста звезды. С учетом такого убывания на звезду из диска выпадает масса 0,01–0,1 $M_{\odot}$. Поскольку массы дисков у звезд Т Тельца оцениваются в 0,01–0,2 $M_{\odot}$, то из предыдущей оценки следует, что за время своей жизни (до удаления или основная часть массы диска выпадает на звезду.

Открытие потоков – истечений из протозвезд и молодых звезд – очень веский аргумент в пользу одновременного и совместного образования звезд и окружающих их дисков. То, что их движение симметрично относительно оси вращения не только звезды, но и диска, определенно говорит об их взаимосвязи и подтверждает, что идет аккреция газа из диска на протозвезду или звезду, уже видимую в оптическом диапазоне. По современным оценкам, масса вещества, уносимая ветром с поверхности протозвезды или внутренней части диска, для большинства объектов составляет 0,1–0,3 от массы, поступающей к протозвезде или звезде из окружающего ее диска.

То, что в дисках молодых звезд начинается процесс образования

планет, подтверждается недавним открытием дисков нового типа у звезд Т Тельца с возрастом примерно 10 млн лет, названных переходными дисками.

Как же объяснить наблюдаемую картину аккреции вещества из диска на звезду? В 1970-х гг. ее обосновали в работах советские астрофизики Н.И. Шакура и Р.А. Сюняев и английские ученые Д. Линден-Белл и Дж. Прингл, еще до открытия дисков у молодых звезд. Найден тот механизм переноса момента количества движения из внутренней части диска на его периферию, без которого невозможно было понять современное распределение момента количества движения в Солнечной системе. Кратко этот механизм можно пояснить так. Вещество протопланетного диска вращается вокруг Солнца дифференциально, с угловой скоростью, убывающей с расстоянием от Солнца по закону Кеплера. Любое кольцо вещества диска (в основном газ) проскальзывает относительно соседних колец и, взаимодействуя с ними, испытывает трение. Если газ турбулентный, то есть вовлечен в хаотические движения, то трение на много порядков возрастает и приводит к взаимодействию соседних колец. Внешнее кольцо, двига-

ясь медленнее соседнего внутреннего, тормозит его, поэтому внутреннее кольцо теряет свой момент количества движения и приближается к Солнцу. В то же время внешнее кольцо, под действием касательной раскручивающей силы со стороны прилегающего к нему внутреннего кольца, получает от него момент и перемещается дальше от Солнца. Расчеты показали, что основная масса вещества во внутренней части диска движется внутрь и с учетом вращения приближается по спирали к молодому Солнцу (или протозвезде), тогда как меньшая часть массы, во внешней части диска, удаляется от Солнца, перенося с собой момент количества движения на периферию диска. Какова же причина турбулентности газа в диске? Этот вопрос еще недостаточно изучен. Наиболее вероятной причиной считается магнитное поле в диске, действующее даже на слабо ионизованный газ и приводящее в дифференциально вращающемся диске к магнитным натяжениям и турбулентности. Другие возможные механизмы возникновения турбулентности – падение вещества на диск, нелинейные гидродинамические эффекты во вращающемся диске по закону Кеплера, на которые указывал Я.Б. Зель-

дович. Тот ли механизм поддержания турбулентности действовал или иной, но наблюдения молодых звезд с дисками подтверждают, что, очень вероятно, происходил перенос момента количества движения по радиусу протопланетного диска в ранней Солнечной системе. Следовательно, ключевой вопрос, стоявший перед классической космогонией, можно считать в значительной степени решенным благодаря теоретическим достижениям отечественных ученых и современным астрономическим наблюдениям (к сожалению, в основном зарубежным).

Однако не все вопросы планетной космогонии решены. Например, требует объяснения угол между плоскостью экватора Солнца и эклиптикой (7°). Недостаточно пока изучен и вопрос удаления газа из протопланетного диска. Для решения этих и других проблем, возможно, необходимо привлечение новых данных, свидетельствующих, что звезды, в том числе, по-видимому, и наше Солнце, рождаются группами, в комплексах, содержащих много звезд с разными массами и эволюционирующими с разной скоростью. Воздействие соседних молодых звезд на формирование нашей Солнечной системы

недостаточно изучено. Это может быть влияние вспышки сверхновой, приведшей к обогащению короткоживущими изотопами, прежде всего алюминием-26, и к очень сильному нагреву и дифференциации недр крупных планетезималей. На раннюю Солнечную систему могло существенно повлиять также мощное ультрафиолетовое излучение соседних массивных звезд, которое помогло быстро удалить газ из протопланетного диска.

Планеты, находившиеся ближе других к Солнцу, замедлили свое вращение под действием приливного трения. Такие гравитационные влияния помогают стабилизации планетных орбит и одновременно тормозят вращение планет вокруг их осей. В результате у некоторых планет одно полушарие постоянно обращено к Солнцу.

В настоящее время имеется достаточно оснований для того, чтобы считать, что разные планетные системы могут возникать по-разному. Специфика Солнечной системы, включая особенности расположения планет-гигантов, заставляет искать истинную модель ее происхождения. Выяснение картины происхождения Солнечной системы, Солнца и других звезд имеет важное мировоззренческое значение.

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: ноябрь–декабрь 2011 г.

Таблица I

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Ноябрь		
2	16	Первая четверть
8	12	Луна в апогее
9	15	Луна проходит в 5° севернее Юпитера
9	20	Нептун переходит от попятного движения к прямому
10	20	Полнолуние
11	4	Марс проходит в 1° севернее Регула
14	3	Меркурий в наибольшей восточной элонгации (23°)
15	0	Сатурн проходит в 4° севернее Спика
18	15	Последняя четверть
23	23	Луна в перигее
24	6	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
25	6	Новолуние
25	6	<i>Частное солнечное затмение</i>
27	4	Луна проходит в 3° севернее Венеры
Декабрь		
2	9	Первая четверть
4	9	Меркурий в нижнем соединении с Солнцем
6	1	Луна в апогее
6	16	Луна проходит в 5° севернее Юпитера
10	14	Полнолуние
10	14	<i>Полное лунное затмение, видимое в России</i>
10	15	Уран переходит от попятного движения к прямому
14	5	Меркурий переходит от попятного движения к прямому
14		<i>Максимум метеорного потока Геминиды</i>
18	0	Последняя четверть
22	2	Луна в перигее
22	5	Зимнее солнцестояние
23	3	Луна проходит в 3° южнее Меркурия
23	11	Меркурий в наибольшей западной элонгации (22°)
23	16	<i>Комета Гаррацца в перигелии</i>
24	18	Новолуние
26	11	Юпитер переходит от попятного движения к прямому

Примечание. Во всех таблицах и тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев.

ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата	α		δ		45°		55°		65°	
					восход	заход	восход	заход	Восход	Заход
	ч	м	о	'	ч:м	ч:м	ч: м	ч: м	ч: м	ч: м
Ноябрь 1	14	23	–14	11	06:39	16:53	07:03	16:28	07:47	15:44
11	15	02	–17	13	06:52	16:39	07:24	16:08	08:22	15:10
21	15	44	–19	45	07:06	16:29	07:44	15:52	08:56	14:39
Декабрь 1	16	26	–21	41	07:18	16:23	08:01	15:40	09:29	14:12
11	17	10	–22	56	07:29	16:21	08:15	15:34	09:57	13:53
21	17	54	–23	26	07:36	16:23	08:24	15:35	10:12	13:47
31	18	38	–23	09	07:39	16:30	08:27	15:43	10:10	13:59

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Пример. Определить время захода Солнца 31 декабря 2011 г. в Калининграде (широта – $54^{\circ}42'$, долгота – $1^{\circ}22'$, 1-й часовой пояс). Пользуясь Таблицей II, интерполируем значение времени захода Солнца на 31 декабря, получаем $15^{\circ}44'$. Вычтем долготу места, прибавим номер часового пояса и два часа для учета декретного времени, получим $17^{\circ}22'$.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность для разных широт, ч			Период	
	ч	м	°	'		"		45°	55°	65°		
Меркурий												
Ноябрь	1	15	38,8	−21	40	−0,3	5,4	0,84	−	−	−	
	11	16	33,4	−24	39	−0,3	6,2	0,71	−	−	−	
	21	17	12,0	−25	14	−0,1	7,6	0,44	−	−	−	
Декабрь	1	16	59,5	−22	34	3,3	9,6	0,05	−	−	−	
	11	16	12,3	−18	24	1,2	8,9	0,17	−	−	−	
	21	16	22,4	−19	09	−0,4	6,9	0,57	1,3	1,1	−	Утро
	31	17	09,7	−21	52	−0,4	5,7	0,79	0,9	−	−	Утро
Венера												
Ноябрь	1	15	43,3	−20	00	−3,8	10,7	0,94	0,7	−	−	Вечер
	11	16	35,4	−22	43	−3,8	11,0	0,93	0,9	−	−	Вечер
	21	17	29,2	−24	20	−3,9	11,3	0,91	1,3	0,6	−	Вечер
Декабрь	1	18	23,7	−24	45	−3,9	11,6	0,89	1,7	1,2	−	Вечер
	11	19	18,0	−23	56	−3,9	12,0	0,87	2,1	1,8	−	Вечер
	21	20	10,9	−21	54	−3,9	12,4	0,85	2,5	2,4	1,7	Вечер

Таблица III (окончание)

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период	
	ч	м	°	′				45°	55°	65°		
						″						
31	21	01,7	−18	50	−3,9	13,0	0,83	2,8	3,0	3,1	Вечер	
Марс												
Ноябрь	1	09	49,6	+14	51	1,1	5,9	0,90	6,1	6,9	8,2	Утро
	11	10	09,9	+13	14	1,0	6,2	0,90	6,6	7,4	8,7	Утро
	21	10	28,9	+11	39	0,9	6,6	0,90	7,1	7,9	9,3	Утро
Декабрь	1	10	46,3	+10	10	0,7	7,1	0,90	7,5	8,4	9,9	Утро
	11	11	02,0	+08	48	0,6	7,6	0,90	8,0	8,9	10,5	Утро
	21	11	15,6	+07	39	0,4	8,2	0,91	8,5	9,4	10,9	Утро
	31	11	26,7	+06	46	0,2	8,9	0,91	9,0	9,8	11,3	Утро
Юпитер												
Ноябрь	1	02	11,8	+11	42	−2,8	49,6	1,00	13,2	13,8	14,9	Ночь
	11	02	06,7	+11	17	−2,7	49,2	1,00	13,0	13,7	15,0	Ночь
	21	02	02,1	+10	54	−2,7	48,5	1,00	12,4	13,3	14,7	Ночь
Декабрь	1	01	58,3	+10	37	−2,6	47,5	1,00	11,9	12,9	14,5	Ночь
	11	01	55,7	+10	25	−2,6	46,3	1,00	11,2	12,3	14,2	Вечер
	21	01	54,4	+10	21	−2,5	44,9	0,99	10,5	11,6	13,7	Вечер
	31	01	54,3	+10	24	−2,4	43,5	0,99	9,8	10,9	13,1	Вечер
Сатурн												
Ноябрь	1	13	25,6	−06	33	0,7	15,7	1,00	0,5	0,1	—	Утро
	11	13	30,0	−06	58	0,8	15,8	1,00	1,5	1,6	1,6	Утро
	21	13	34,2	−07	22	0,8	15,9	1,00	2,3	2,5	2,8	Утро
Декабрь	1	13	38,1	−07	43	0,8	16,0	1,00	3,2	3,4	3,8	Утро
	11	13	41,8	−08	02	0,7	16,2	1,00	4,0	4,3	4,8	Утро
	21	13	45,0	−08	18	0,7	16,5	1,00	4,7	5,0	5,5	Утро
	31	13	47,7	−08	31	0,7	16,7	1,00	5,4	5,7	6,2	Утро

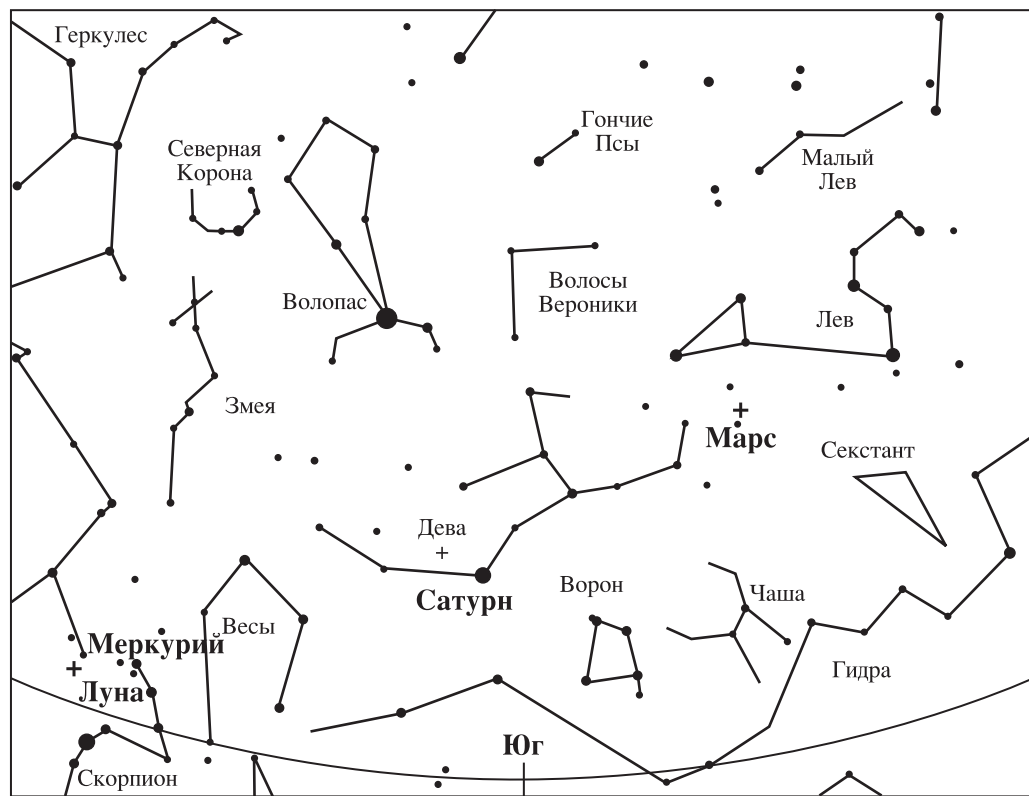
Примечание. Координаты даны на момент 0^ч по Всемирному времени.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

В ноябре **Меркурий** находится к востоку от Солнца, но для наблюдателей Северного полушария планета заходит под горизонт вскоре после захода Солнца, и обнаружить ее удастся лишь с помощью бинокля или телескопа. В первой половине месяца хорошим ориентиром послужит находящаяся поблизости яркая Венера. Во вторую дека-

ду декабря Меркурий окажется уже на утреннем небе и будет виден по утрам низко над юго-восточной частью горизонта. В день наибольшей элонгации, 23 декабря, состоится соединение планеты с серпом стареющей Луны. Из-за низкого склонения Меркурия его наблюдения в северных широтах невозможны.

Постепенно улучшаются условия вечерней видимости **Венеры**. Планета медленно удаляется от Солнца на не-



Вид южной части звездного неба в Москве 23 декабря в 8^ч30^м по московскому времени. Отмечено положение Луны, Меркурия, Марса и Сатурна.

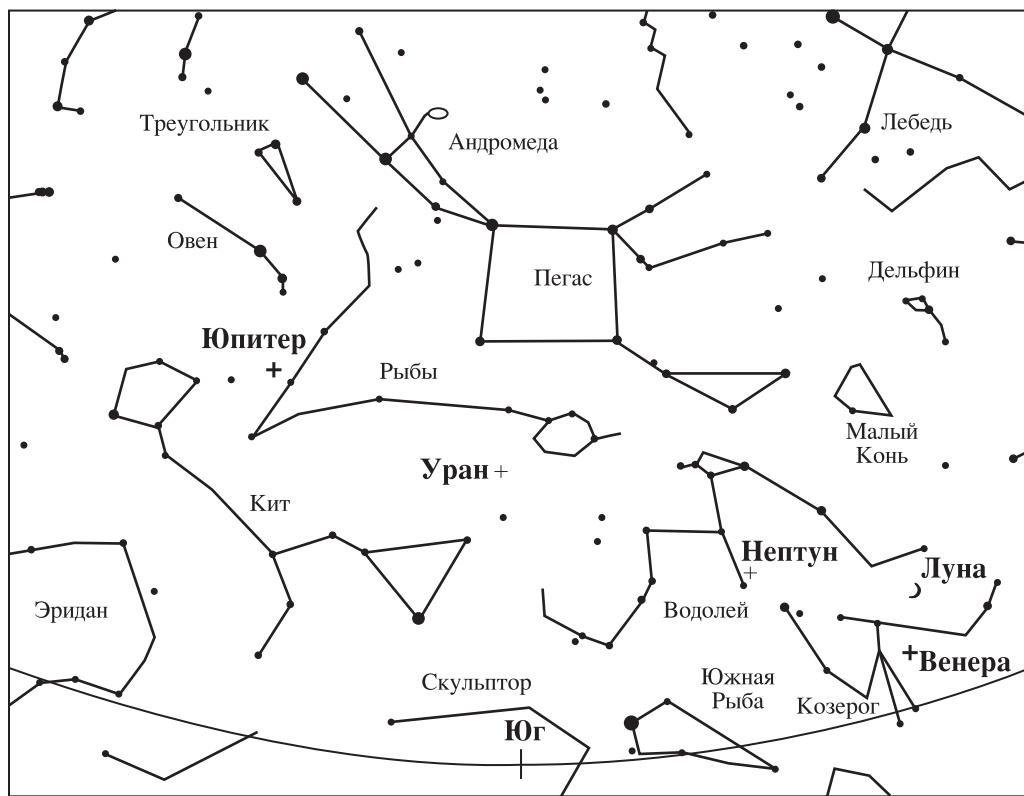
бесной сфере и видна низко над юго-западной частью горизонта вскоре после захода Солнца. К концу декабря продолжительность видимости превысит 3 ч, но планета, находящаяся в созвездии Стрельца, по-прежнему не поднимается высоко над горизонтом. В телескоп можно попытаться увидеть фазу Венеры – небольшой ущерб на ее диске.

Продолжают улучшаться условия видимости **Марса**. Планета движется на небесной сфере по созвездию Льва и видна во второй половине ночи. 11 ноября состоится соединение планеты с ярчайшей звездой этого созвездия – Регулom (1,3^м), и Марс окажется немного ярче – 1,1^м. Во время приближения к Земле увеличивается видимый диаметр планеты, к концу года достигающий 9". В телескоп должна быть заметна небольшая фаза Марса и его северная полярная шапка. К Земле наклонено

Северное полушарие Марса, где продолжается астрономическая весна.

В октябре состоялось противостояние **Юпитера**, и в конце года он хорошо виден в течение всей ночи. Планета находится на небе вблизи границ созвездий Рыб, Овна и Кита, выделяясь своим блеском. С помощью бинокля легко заметить четыре ярчайших спутника Юпитера, а наблюдателям в телескоп доступны наблюдения облачного покрова этой планеты-гиганта.

После периода невидимости, связанного с соединением, на утреннем небе покажется **Сатурн**, медленно перемещающийся по созвездию Девы, неподалеку от Спика (1^м). Условия видимости стремительно улучшаются, и к концу года планета видна по утрам свыше 5 ч, к восходу Солнца оказываясь вблизи кульминации.



Вид южной части звездного неба в Москве 27 декабря в 19^ч по московскому времени. Отмечено положение Луны, Венеры и Юпитера.

НЕБЕСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

23 декабря пройдет перигелий своей орбиты комета Гаррадда **C/2009 P1 (Garradd)**. На небесной сфере она медленно перемещается по созвездию Геркулеса и доступна наблюдениям в вечерние часы. По прогнозам, яркость кометы позволит увидеть ее даже в

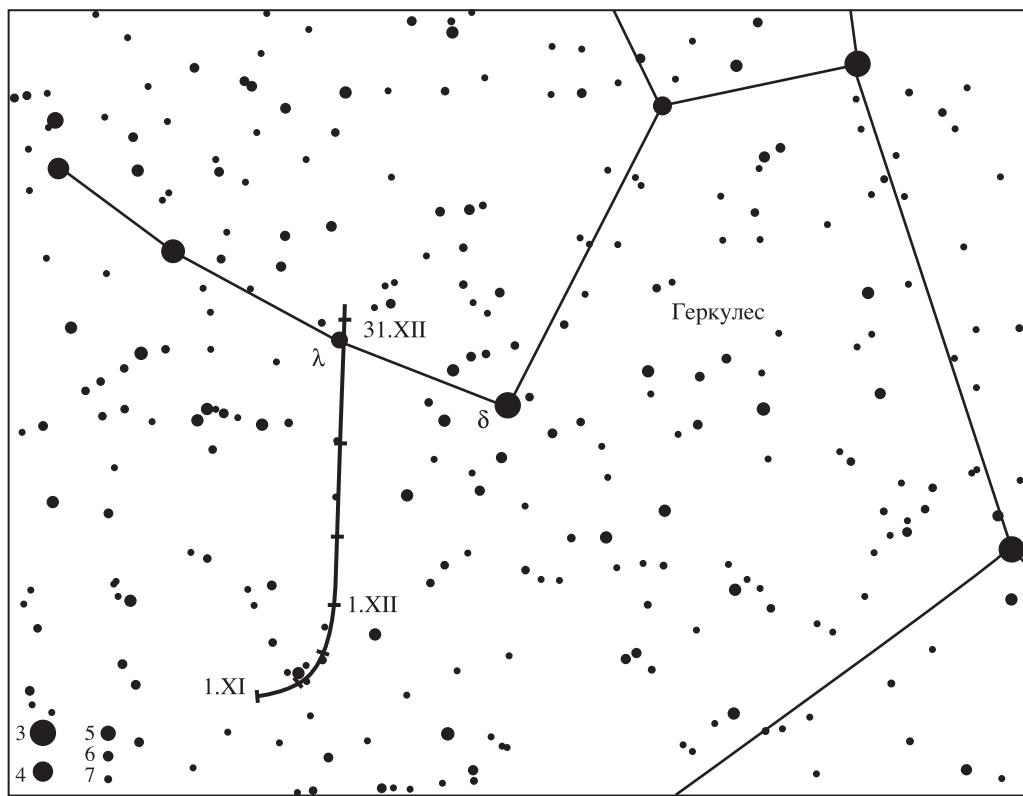
небольшой бинокль. После перигелия комета продолжит приближаться к Земле, так что наилучшие условия видимости ожидаются уже в начале 2012 г.

Яркость кометы Еленина **C/2010 X1 (Elenin)** оказалась меньше, чем прогнозировали, ее блеск в ноябре не должен превысить 8^m.

ЭФЕМЕРИДА КОМЕТЫ ГАРРАДДА

Таблица IV

Дата	α		δ		m	El.	del	Sun
	ч	м	°	'		°	а.е.	а.е.
Ноябрь 1	17	37,1	+18	45	7,8	58	2,01	1,71
11	17	33,3	+19	03	7,8	52	2,08	1,66
21	17	31,3	+19	40	7,7	47	2,11	1,61
Декабрь 1	17	30,5	+20	39	7,6	45	2,11	1,58
11	17	30,3	+22	03	7,5	45	2,09	1,56
21	17	30,4	+23	59	7,4	48	2,03	1,55
31	17	30,2	+26	32	7,4	52	1,95	1,55



Видимый путь на небесной сфере кометы Гаррада в ноябре – декабре 2011 г.

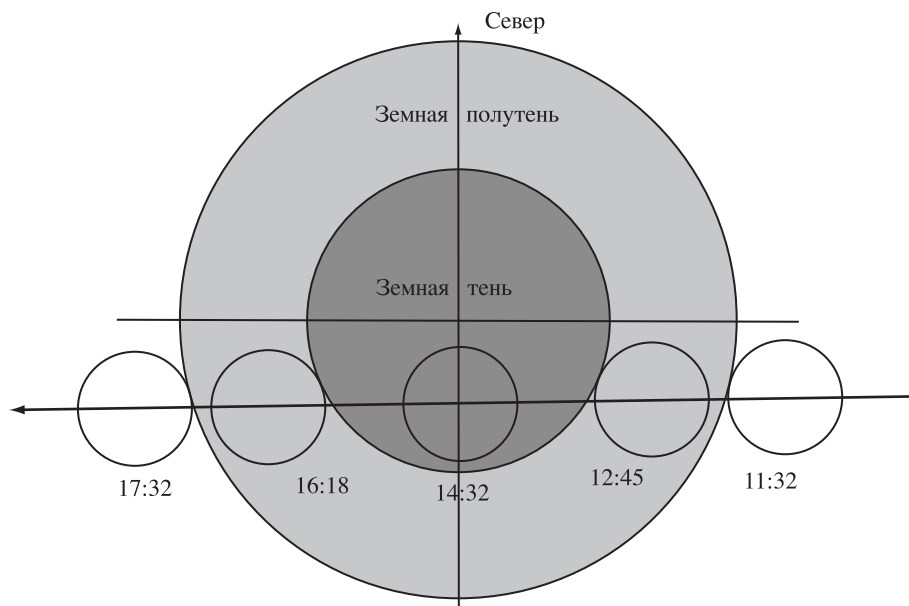


Схема полного лунного затмения 10 декабря 2011 г.

ЭФЕМЕРИДА КОМЕТЫ ЕЛЕНИНА

Дата	α		δ		m	El.	del	Sun
	ч	м	°	'		°	а.е.	а.е.
Ноябрь 1	05	45,7	+30	38	8,3	131	0,31	1,22
6	05	03,8	+29	30	8,9	145	0,36	1,30
11	04	32,4	+28	03	9,5	157	0,42	1,39
16	04	09,0	+26	37	10,1	167	0,49	1,47

Примечание: El. – элонгация кометы, del – расстояние от кометы до Земли, Sun – до Солнца.

В ночь с 10 на 11 декабря у жителей всей территории России появится возможность пронаблюдать **полное лунное затмение**. Восточнее Урала затмение видно целиком, а для наблюдателей Европейской России Луна взойдет над горизонтом, когда земная тень уже упадет на наш естественный спутник. Луна находится в созвездии Тельца и в течение ночи поднимется высоко над горизонтом. Полная фаза затмения начнется в 14^ч 06^м и завершится в 14^ч 58^м по Всемирному времени. Максимальная фаза составит 1,11.

Д.А. ЧУЛКОВ
ГАИИШ МГУ

Информация

Малый парад планет 2011 г.

В середине мая 2011 г. состоялся малый парад планет. Такой парад происходит, когда по одну сторону от Солнца в узком секторе собираются четыре яркие планеты. 21 мая 2011 г. парад планет (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Нептун оказались в секторе всего 7°) можно было наблюдать в экваториальных областях и Южном полушарии Земли. К сожалению, на широте Москвы это яв-

ление пришлось на дневное время: планеты восходили и заходили одновременно с Солнцем.

Малые парады с участием четырех планет происходят раз в несколько лет, а с участием пяти ярких планет – не чаще, чем раз в 18–20 лет. Последний малый парад из четырех планет был 27 апреля – 3 мая 2002 г., из пяти – 25–28 марта 2004 г. Следующий малый парад состоится 21–25 декабря 2012 г., а из пяти планет в секторе 38° – в марте 2022 г., но условия видимости его будут неблагоприятны для жителей России. Зато в июне 2022 г. жителям России все-таки повезет и они увидят Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер и Сатурн одновременно,

правда расположенные уже в секторе 115°.

Во время **большого парада** шесть планет (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн и Уран или Нептун) становятся видны в одно время в секторе на небе 10–40°. Такой парад планет очень редок. Подобный парад (он включал семь планет!) был в декабре 1989 г. Тогда был совершен “Большой тур” АМС “Вояджер-2” по исследованию планет-гигантов (Земля и Вселенная, 1970, № 2, с. 20–21; 1978, № 2). Ближайшая такая конфигурация (Меркурий и Венера могут быть невидимы с Земли) ожидается через 170 лет.

По материалам Интернет-сайта “Астронет”, 2011 г.

Книги, вышедшие к 50-летию полета Ю.А. Гагарина

Некоторые столичные издательства отметили полувековой юбилей первого полета человека в космос и Год российской космонавтики выпуском красочных альбомов и множества книг, посвященных этому историческому событию и жизни Ю.А. Гагарина.

Издательство “Молодая гвардия” в серии “Жизнь замечательных людей” выпустило в свет книгу Л.А. Данилкина “Юрий Гагарин”. В ней подробно освещены известные и малознакомые страницы биографии Юрия Алексеевича. Это, пожалуй, наиболее полная на сегодняшний день хроника его жизни. В книге 15 глав, в которых шаг за шагом прослеживаются все повороты судьбы, выпавшие на долю Ю.А. Гагарина. В основу книги положены архивные материалы, воспоминания людей, его знавших, и интервью с очевидцами событий, родственниками и друзьями Ю.А. Гагарина, космонавтами первого отряда и специалистами в области ракетно-космической техники. Кроме того, отечественные и иностранные источники помогли автору ответить на волнующие вопросы. Почему именно Ю.А. Гагарину доверили первым совершить космический полет? Ю.А. Гагарин – воплощение советской мечты или он действительно

но обладал уникальными качествами? Какие на самом деле происходили события на Земле и в космосе 12 апреля 1961 г.? Как Ю.А. Гагарину удалось не заболеть “звездной” болезнью? Как он себя ощущал в статусе самого знаменитого человека планеты? Готовился ли Ю.А. Гагарин к полету на Луну? Какова подлинная причина его гибели? В конце книги приведены основные даты жизни и деятельности Ю.А. Гагарина, индекс использованных источников и краткая библиография.

Российский государственный архив научно-технической документации (РГАНТД) и Роскосмос подготовили сборник документов “Человек. Корабль. Космос” (под редакцией кандидата технических наук А.С. Шапошникова, ответственный составитель Л.В. Успенская, главный консультант А.А. Леонов. М.: Новый хронограф). В сборник включены находящиеся на постоянном хранении в фондах РГАНТД документы, охватывающие период с 1949 г. по 1961 г. и содержащие сведения о первом космонавте, подготовке и осуществлении первого в мире пилотируемого полета. Большинство документов, таблиц, чертежей и фотографий публикуются впервые. В книге



“горячих” страницах космической гонки между СССР и США за приоритеты в начальный период пилотируемой космонавтики. В этой книге авторы возвращают читателя к истории создания первых космических кораблей “Восток” и “Меркурий”, зарождению замысла этих кораблей, проведению их наземных и летных испытаний, выполнению космических полетов, судьбе авторов и исполнителей проектов. В книге 14 глав. В первых двух приведены сведения о формировании концепции кораблей, в следующих двух – о ракетах-носителях для запуска кораблей, пятая и шестая – о конструкции кораблей, далее в двух – о создании первых отрядов космонавтов США и СССР, девятая и десятая – об испытательных полетах кораблей, следующие две – о полетах космонавтов на “Востоках” и астронавтов на “Меркуриях”, тринадцатая – о применении этих кораблей в других программах, в последней –

пять разделов. В первом помещены документы, посвященные началу пилотируемой космонавтики, во втором – документы, связанные с биографией Ю.А. Гагарина, в третьем – о подготовке первого отряда космонавтов к полету (1959–1961), в четвертом – о создании космического корабля “Восток” и его бортовых систем, в пятом – о полете КК “Восток” 12 апреля 1961 г. В Приложение вошли краткая биография Ю.А. Гагарина, данные из истории полета КК “Восток”, биографические сведения о лицах, упоминаемых в сборнике, библиография и указатели.

В издательстве “РТСофт” вышли две книги. Книга **“Мы – первые!”** историка космонавтики, журналиста *И.Б. Афанасьева* и инженера-конструктора *Д.А. Воронцова* рассказывает о



МЫ – ПЕРВЫЕ !

И. Афанасьев
Д. Воронцов

о дальнейшем развитии пилотируемой космонавтики. В Приложение включены хронология проектов “Восток” и “Меркурий”, некоторые используемые термины, сокращения, литература, указатель основных имен и названий. Издание снабжено многими иллюстрациями и схемами, часть из которых ранее не публиковалась. Основу иллюстраций книги составили архивы NASA, личные коллекции и фотографии отечественных специальных корреспондентов.

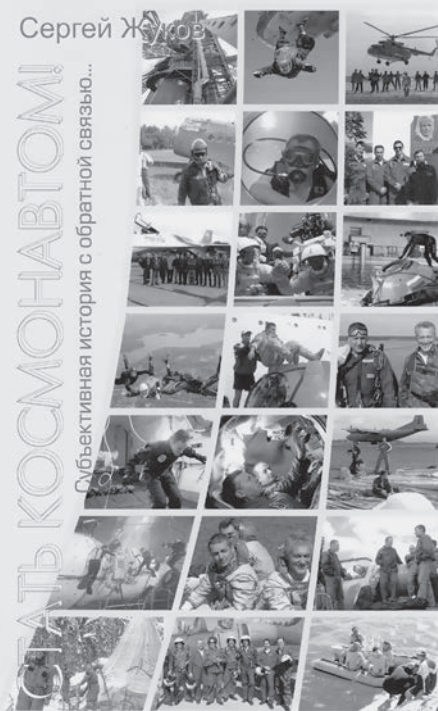
Во вторую книгу, **“Стать космонавтом! Субъективная история с обратной связью”**, вошли дневники (2003–2005 гг. и 2010 г.) космонавта-испытателя, президента Московского космического клуба кандидата технических наук С.А. Жукова. Сергей Александрович много лет готовился к полетам в Центре подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина, участвовал в конкурсе среди журналистов за право по-

лета в космос, но полететь в космос ему так и не довелось. Книга посвящена самобытной российской школе подготовки космонавтов, тем кандидатам, кто тренировался и тренируется в Звёздном городке, и их наставникам – инженерам, врачам, научным сотрудникам, летчикам-испытателям, тренерам и методистам ЦПК и смежных организаций. Предисловие написано летчиком-космонавтом, Героем РФ доктором юридических наук Ю.М. Батуриным. Открывает книгу статья начальника ЦПК летчика-космонавта Героя СССР, Героя РФ С.К. Крикалёва “Российская система отбора и подготовки космонавтов”. Книгу завершают статья “Стать человеком космическим и остаться самим собой” космонавта-испытателя доктора философских наук, кандидата технических наук С.В. Кричевского и три стихотворения С.А. Жукова. Текст дополнен короткими статьями специалистов и снабжен

Сергей Жуков

СТАТЬ КОСМОНАВТОМ!

Субъективная история с обратной связью...





тов” – пилотов люфтваффе для полета на этих ракетах. Третья – о послевоенных проектах пилотируемых ракет в СССР и США. В четвертой развенчиваются мифы о неудавшихся полетах “фантомных космонавтов”. Пятая – об испытателях космической техники и разработке КК “Восток”. В шестой описываются легенды о космонавтах, оказавшихся в плену орбиты и не вернувшихся на Землю. Седьмая – о запусках советских спутников-фоторазведчиков и других космических аппаратов, на которых якобы летали наши космонавты. Восьмая – о секретности советской космонавтики. Девятая – о лунной гонке и ее победителе. Десятая – о полетах животных в космос. Одиннадцатая – о мифах, связанных с секретными полетами экипажей на ОК “Мир”. В двенадцатой – легенды о секретных полетах и катастрофах американских КК “Спейс Шаттл”, запущенных в во-

множеством фотографий из личного архива автора.

Издательство “Яуза. Эксмо” в серии “Первые в космосе” выпустило две книги известного популяризатора космонавтики А.Б. Железнякова.

В книге **“Секретный космос. Были ли предшественники у Гагарина?”** раскрываются неизвестные страницы истории, предшествующие полету Ю.А. Гагарина. В ней читатель найдет ответы на интригующие вопросы. Кто и когда стал сомневаться в приоритете первого полета в космос, как создавался миф о якобы неудачных запусках человека в космос и почему этот миф оказался очень живуч? В книге 18 глав. Первая – легенды и сказания о попытках человека подняться в небо. Вторая – о проектах немецких баллистических ракет для обстрела США и о первых отрядах “космонав-



енных целях. Тринадцатая освещает американский городской фольклор и фильмы с биографиями космонавтов-призраков. Четырнадцатая повествует о несостоявшихся космических экспериментах, в пятнадцатой – о шутках на тему космоса. В трех заключительных главах помещены история строительства орбитального комплекса “Мир” и причины его затопления, рассказывается о планах сохранения его ценного оборудования, о людях, готовившихся к полетам, но так и не слетавших, а также затрагивается история китайской пилотируемой космонавтики.

Во второй книге А.Б. Железнякова, **“Первые в космосе. Как СССР побе-**

дил США”, описаны малоизвестные подробности полета Ю.А. Гагарина. В книге 17 глав. В первых рассказывается о мечтах полететь в космос, первых реальных проектах, затем – о космической гонке за приоритеты в освоении космоса, подготовке к запуску и полету Ю.А. Гагарина, о его встречах с людьми и заграничных поездках, слухи и мифы, связанные с полетом “Востока”. Последние главы – о программе “Восток” и полетах на них наших первых космонавтов, новых проектах и дальнейших полетах на кораблях “Восход” и “Союз”, о гибели Ю.А. Гагарина, о перспективах развития отечественной пилотируемой космонавтики.

Информация

Первые результаты работы “Электро-Л”

2 марта 2011 г. метеорологический ИСЗ “Электро-Л” начал передавать снимки Земли (Земля и Вселенная, 2011, № 4). Российские снимки Земли из космоса оказались лучше американских, это подтвердили в NASA. Специалисты Научно-исследовательского центра “Планета”, входящего в структуру Рос-

гидромета, ведут обработку данных. Геостационарный ИСЗ “Электро-Л” занимается оперативным сбором информации о состоянии атмосферы и поверхности Земли, каждые 15 и 30 мин передает ее на Землю. Данные со спутника используются подразделениями Росгидромета, другими ведомствами и Министерством обороны РФ. Они необходимы для анализа и прогноза погоды, контроля состояния акваторий морей и океанов, условий для полетов авиации, гелиогеофизической обстановки в околоземном космическом пространстве.

17 мая специалисты главной оперативной группы управления “Электро-Л”

НПО им. С.А. Лавочкина завершили проверку режимов работы и комплектов аппаратуры служебных систем. Съемка Земли проводится в различных диапазонах спектра с помощью аппаратуры МСУ-ГС, изображения обрабатываются в Научном центре оперативного мониторинга Земли (см. стр. 1 обложки). В мае проведена работа по повышению качества получаемых снимков с использованием наземных программно-технических средств. В июне управление полетом “Электро-Л” передано ЦУП-М ЦНИИМаш.

*Пресс-релиз Роскосмоса,
10 июня 2011 г.*

Последний полет “Индевор”

16 мая 2011 г. в 12 ч 56 м по Гринвичу со стартовой площадки Космического центра им. Дж. Кеннеди в последний полет отправился американский космический корабль “Индевор” (STS-134; см. стр. 3 обложки). Первый полет “Индевор” (STS-49) выполнил 7–16 мая 1992 г. Последний, 25-й полет “Индевора” длился 16 сут, 12 из которых корабль находился в составе МКС (это 62-й пилотируемый полет на станцию). Основные задачи: доставка на станцию альфа-магнитного спектрометра AMS-2 и внешней грузовой платформы ELC-3, работы на внешней поверхности американского сегмента по обслуживанию и дооснащению МКС, включающие четыре выхода в открытый космос. Спектрометр AMS-2, предназначенный для исследования элементарных частиц космического излучения, будет установлен на ферменной конструкции станции.

Экипаж корабля включал шесть астронавтов: командир **Марк Келли** (Mark Kelly; 408-й астронавт мира, 256-й астронавт США) родился в 1964 г., капитан 1-го ранга ВМС США, магистр по авиационной технике, летчик, служил в ВМФ США; пилот **Грегори Джонсон** (Gregory H. Johnson; 468-й астронавт мира, 298-й астронавт США) родился в 1962 г., полковник ВВС США, окончил Колумбийский университет, магистр



Экипаж КК “Индевор” (STS-134): Г. Джонсон, М. Финк, Г. Шамитов, М. Келли (внизу в центре), Э. Фэйстел и Р. Виттори. Фото NASA.

по проектированию летательных аппаратов, служил летчиком-испытателем ВВС США; специалисты полета **Грегори Шамитов** (Gregory Chamitoff; 479-й астронавт мира, 305-й астронавт США) родился в 1962 г., окончил Политехнический университет штата Калифорния, доктор наук в области аэронавтики и астронавтики; **Майкл Финк** (Michael Fincke; 433-й астронавт мира, 272-й астронавт США) родился в 1967 г., полковник ВВС США, окончил Массачусетский технологический институт, магистр в области аэронавтики и астронавтики; **Роберто Виттори** (Roberto Vittori; 418-й астронавт мира, 4-й астронавт Италии) родился в 1964 г., полковник ВВС Италии, окончил Итальянскую академию Военно-воздушных сил, служил летчиком-испытателем; **Эндрю Фэйстел** (Andrew Feustel; 494-й астронавт мира, 317-й аст-

ронавт США) родился в 1965 г., окончил Университет Пурдью (штат Индиана), доктор наук по сейсмологии. М. Келли совершил три полета, М. Финк и Р. Виттори – по два, Г. Джонсон, Г. Шамитов и Э. Фэйстел – по одному.

18 мая в 10 ч 14 мин по Гринвичу “Индевор” причалил к герметичному адаптеру РМА-2, установленному на модуле “Гармония” МКС. Перед стыковкой на расстоянии около 200 м от станции он совершил поворот на 360°, во время которого сделаны снимки внешней поверхности корабля, чтобы обнаружить какие-либо повреждения. После перехода экипажа “Индевора” на борт станции их встретили члены 27-й длительной экспедиции (МКС-27) командир Д.Ю. Кондратьев, бортинженеры А.М. Самокутяев, А.И. Борисенко (Россия), П. Неспולי

(ESA, Италия), Р. Гаран и К. Колман (США; Земля и Вселенная, 2011, № 1, № 4). В это время к станции были пристыкованы транспортные корабли “Союз ТМА-20 и -21” и “Прогресс М-10М”; европейский ATV-2 “Йоганн Кеплер”. Общая масса всего космического комплекса – более 500 т.

20 мая во время первого выхода в открытый космос в течение 6 ч 19 мин американские астронавты Э. Фэйстел и Г. Шамитов сняли контейнеры MISSE-7 с образцами материалов и установили контейнер MISSE-8, антенну радиосвязи на модуле “Дестини” и переходники на трубопроводах охладителя. **22 мая** Э. Фэйстел и М. Финк совершили второй выход продолжительностью 8 ч 07 мин: провели работы по обслуживанию системы заправки аммиаком в радиатор системы охлаждения, смазали шарниры поворотного механизма солнечной батареи SARJ и манипулятора “Декстр”. Во время третьего выхода, **25 мая**, продолжавшегося 6 ч 54 мин, Э. Фэйстел и М. Финк установили раму для манипулятора на модуле “Заря”, оснастили его преобразователями видеосигнала и проложили кабель передачи данных между модулями “Гармония”, “Юнити” и “Заря”, подключили антенну радиосвязи на модуле “Дестини”. В заключительном выходе **27 мая** за 7 ч 24 мин М. Финк и Г. Шамитов отсоединили от корабля “Индевор” штангу манипулятора OBSS и смонтировали ее на ферме S1 МКС. С помощью видеокамеры, укрепленной на манипуляторе, участники будущих экспедиций на МКС смогут осматривать



Экипажи МКС-27 и корабля “Индевор” (STS-134) в японском модуле “Кибо”. В первом ряду: П. Неспולי (ЕСА, Италия), Д.Ю. Кондратьев (Россия), М. Келли (США) и Р. Виттори (ЕСА, Италия). Во втором ряду: К. Колман (США), А.И. Борисенко, А.М. Самокутяев (Россия), Р. Гаран, М. Финк, Э. Фэйстел, Г. Шамитов и Г. Джонсон (США). 21 мая 2011 г. Фото NASA.

ее внешнюю поверхность. Этот выход стал последним в программе “Спейс Шаттл”. В рамках строительства МКС было выполнено 159 выходов в космос общей продолжительностью 1002 ч 37 мин.

30 мая “Индевор” отстыковался от МКС и выполнил автономный полет. На станции остались работать шесть человек в составе экипажа МКС-27: Д.Ю. Кондратьев, А.М. Самокутяев, А.И. Борисенко (Россия), К. Колман, Р. Гаран (США) и П. Неспולי (ЕСА). **1 июня** в 6 ч 35 мин по Гринвичу завершился полет корабля “Индевор” по программе STS-134. Шаттл успешно приземлился на взлетно-посадочной полосе RW15 Космического центра им. Кеннеди на мысе Канаверал. На Землю вернулись астронавты М. Келли, Г. Джонсон, Г. Шамитов, М. Финк, Р. Виттори

и Э. Фэйстел. Продолжительность полета составила 15 сут 17 ч 38 мин. Майкл Финк установил новый национальный рекорд США по суммарной продолжительности пребывания в космосе – 381 сут 15 ч 08 мин, побив достижение Пегги Уитсон (376 сут 17 ч; Земля и Вселенная, 2011, № 2).

После заключительного полета “Индевор” перевезли в Калифорнийский научный центр в Лос-Анджелесе на вечную стоянку, где его теперь смогут осматривать туристы.

Полет “Атлантиса” (8–21 июля 2011 г.) завершил 30-летнюю программу полетов шаттлов (информацию об этом см. в № 6, 2011. – Прим. ред.).

Пресс-релизы Роскосмос, ЦУП-М и NASA, май–июнь 2011 г.

Подготовил
С.А. ГЕРАСЮТИН

27-я и 28-я основные экспедиции на МКС

24 мая 2011 г. в 1 ч. 35 мин по московскому времени КК “Союз ТМА-20” с командиром Дмитрием Юрьевичем Кондратьевым (Россия), бортинженерами Паоло Неспולי (ESA, Италия) и Кэтрин Колман (США) на борту (Земля и Вселенная, 2011, № 2, с. 106–107) отстыковался от модуля “Рассвет” Международной космической станции. Во время отлета корабля от станции (в режиме зависания), на расстоянии примерно 200 м, Д.Ю. Кондратьев в течение 20 мин выполнил фото- и видеосъемку орбитального комплекса. Для этого ему пришлось выбраться из своего кресла и перелететь в бытовой отсек корабля. После съемки люк между спускаемым аппаратом и бытовым отсеком “Союза ТМА-20” был снова закрыт. Экипаж проверил герметичность корабля и начал готовиться к спуску с орбиты. Спускаемый аппарат “Союза ТМА-20” приземлился в 6 ч 26 мин по московскому времени примерно в 147 км восточнее г. Джезказган (Казахстан). Корабль доставил на Землю результаты экспериментов “АРИЛ”, “ОЧБ”, “Биоэмульсия”, “Каскад”, “БИФ”, “Конъюгация”, “По-



Мягкая посадка спускаемого аппарата КК “Союз ТМА-20” в казахской степи. 24 мая 2011 г. Фото Роскосмос.

лиген” и др. Длительность полета экипажа МКС-27 – 159 сут 07 ч 16 мин.

После расстыковки “Союза ТМА-20” с МКС номер экспедиции сменился с 27-го на 28-й. На МКС продолжил работу экипаж 28-й длительной экспедиции: командир Андрей Иванович Борисенко, бортинженеры Александр Михайлович Са-

мокутяев и американец Рональд Гаран.

8 июня в 0 ч 12 мин 45 с по московскому времени с площадки № 1 космодрома Байконур осуществлен запуск РН “Союз-ФГ” с космическим кораблем “Союз ТМА-02М”. Корабль пилотировал экипаж 28-й основной экспедиции на МКС: командир С.А. Волков (Рос-



*Экипаж космического корабля "Союз ТМА-02М": М. Фос-
сум (США), С.А. Волков (Россия) и С. Фурукава (Япония).
Фото Роскосмос, NASA.*

сия), бортинженеры С. Фу-
рукава (Япония) и М. Фос-
сум (США). Планируемая
продолжительность поле-
та – 152 сут.

Сергей Александрович Волков (472-й астронавт мира, 101-й космонавт России) родился в 1973 г. в г. Чугуев Харьковской области (Украина). В 1995 г. окончил Тамбовское Высшее военное авиационное училище лётчиков им. М.М. Расковой по специальности "командная тактическая бомбардировочная авиация", служил летчиком в пос. Чкаловский Московской области, полковник ВВС РФ. В 1997 г. зачислен в отряд космонавтов ЦПК им. Ю.А. Гагарина. Готовился к полету на МКС по программам МКС-7 и МКС-15–17. **Майкл Фоссум** (Fossum Michael Edward; 441-й астронавт мира, 275-й астронавт США) родился в 1957 г. в г. Сиу Фоле (штат

Южная Дакота). В 1980 г. окончил Техасский университет A&M со степенью бакалавра наук в области машиностроения. В 1981 г. в Технологическом институте ВВС получил степень магистра наук (системное проектирование). В 1997 г. в Университете Хьюстона в Клэр Лейк получил степень магистра наук (космофизика). В 1998 г. зачислен в отряд астронавтов NASA. После возвращения на Землю экипажа МКС-28 М. Фоссум взял на себя функцию командира экспедиции МКС-29. **Са-тоши Фурукава** (Furukawa Satoshi; 520-й астронавт мира, 9-й астронавт Японии) родился в 1964 г. в г. Иокогама, префектура Канагава. В 1989 г. в Университете Токио получил степень доктора медицины, а в 2000 г. – доктора в области медицинских наук. В 1999 г. отобран в отряд астронавтов NASDA. М. Фос-

сум совершил два полета в космос, С.А. Волков – один, С. Фурукава – впервые в космосе.

На российском сегменте МКС выполняется более 40 научных экспериментов, некоторые из них – впервые. Экипаж МКС-28/29 провел геофизические, медико-биологические (в том числе выращивание карликовой пшеницы и томатов), дистанционного зондирования Земли, биотехнологические и технологические исследования, образовательные программы. Космонавты сделали эксперимент "БТН-Нейтрон" по изучению потоков быстрых и тепловых нейтронов для создания физической модели генерации заряженных и нейтральных частиц. Из биомедицинских наиболее интересен эксперимент "Матрешка-Р" по накоплению дозы радиации в шаровом и антропоморфном фантомах, размещенных внутри и на внешней поверхности станции. В этом эксперименте исследуется динамика радиационной обстановки в космосе и отсеках МКС.

10 июня в 1 ч 18 мин выполнена стыковка КК "Союз ТМА-02М" с МКС. В составе экипажа МКС-28 шесть человек: А.И. Борисенко, А.М. Самокутяев, С.А. Волков (Россия), Р. Гаран, М. Фоссум (США) и С. Фурукава (Япония). Параметры орбиты станции на момент осуществления стыковки: высота – $343,2 \times 346,4$ км, наклонение – $51,63^\circ$; период обращения вокруг Земли – 91,43 мин. В программе полета МКС-28: в июле прием КК "Атлантис"

Ф.СП-1	АБОНЕМЕНТ																						
	на <u>газету</u> журнал																						
	Земля и Вселенная (наименование издания)																						
	на ____ год по месяцам:																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12											
	Куда _____ (почтовый индекс) _____ (адрес) _____																						
	Кому _____ (фамилия, инициалы) _____																						
	ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА																						
на <u>газету</u> журнал																							
Земля и Вселенная (наименование издания)																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">ПВ</td> <td style="width: 15%;">место</td> <td style="width: 15%;">литер</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>												ПВ	место	литер									
ПВ	место	литер																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Стои- мость</td> <td style="width: 15%;">подписки пере- адресовки</td> <td style="width: 15%;">____руб. ____коп.</td> <td style="width: 15%;">____руб. ____коп.</td> <td style="width: 15%;">Количество комплектов</td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>												Стои- мость	подписки пере- адресовки	____руб. ____коп.	____руб. ____коп.	Количество комплектов							
Стои- мость	подписки пере- адресовки	____руб. ____коп.	____руб. ____коп.	Количество комплектов																			
на ____ год по месяцам:																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
Куда _____ (почтовый индекс) _____ (адрес) _____																							
Кому _____ (фамилия, инициалы) _____																							

(STS-135); прием и разгрузка грузовых кораблей “Прогресс”; три выхода в открытый космос по российской программе; дооснащение МКС доставленным обо-

рудованием и выполнение программы научно-прикладных исследований. Экипаж МКС-28 (А.И. Борисенко, А.М. Самокутяев и Р. Гаран) должен вернуть-

ся в сентябре 2011 г. на КК “Союз ТМА-21”.

Пресс-релизы NASA, Роскосмос и ЦУП-М, май–июнь 2011 г.

Дорогие читатели!

*Напоминаем, что подписаться на журнал
“Земля и Вселенная” вы можете с любого
номера по Объединенному каталогу
“Пресса России”
(I полугодие 2012 г.) во всех отделениях связи.
Подписной индекс – 70336.*

**Заведующая редакцией Г.В. Матросова
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин**

**Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина
Литературный редактор О.Н. Фролова
Оператор ПК Н.Н. Токарева
Корректор Г.В. Печникова
Обложку оформила О.Н. Никитина**

Сдано в набор 29.06.2011. Подписано в печать 06.09.2011. Формат бумаги 70 × 100^{1/16}
Офсетная печать. Уч.-изд.л. 12,2 Усл. печ.л. 9,1 Усл.кр.-отт. 3,5 тыс. Бум.л. 3,5
Тираж 376 Зак. 1579

Учредители: Российская академия наук, Президиум
Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”,
117997, Москва, Профсоюзная ул., 90
Адрес редакции: 119991, Москва, Мароновский пер., 26
Телефоны: (факс) (499) 238-42-32, 238-29-66
E-mail: zevs@naukaran.ru
Оригинал-макет подготовлен АИЦ “Наука” РАН
Отпечатано в ППП “Типография “Наука”,
121099, Москва, Шубинский пер., 6

